



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

PAULO SILAS OLIVEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO
PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM
ITABAIANA, SERGIPE.

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2016

PAULO SILAS OLIVEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO
PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM
ITABAIANA, SERGIPE.

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-
Graduação em Recursos Hídricos como um
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Laura Jane Gomes

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S586a Silva, Paulo Silas Oliveira da
Avaliação da sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da
Ribeira em Itabaiana, Sergipe / Paulo Silas Oliveira da Silva;
orientadora Laura Jane Gomes. – São Cristóvão, 2016.
91 f.: il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos)– Universidade
Federal de Sergipe, 2016.

1. Recursos hídricos. 2. Desenvolvimento sustentável. 3.
Gestão ambiental. 4. Irrigação agrícola. 5. Sergipe. I. Gomes, Laura
Jane, orient. II. Título.

CDU 556.18:502.131.1(813.7)

PAULO SILAS OLIVEIRA DA SILVA

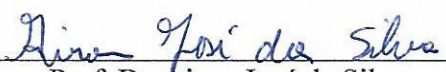
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO
POÇÃO DA RIBEIRA EM ITABAIANA, SERGIPE.

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-
Graduação em Recursos Hídricos como um
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Recursos Hídricos.

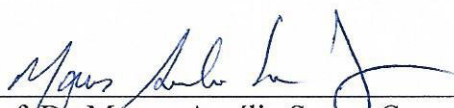
APROVADA: 29 de fevereiro de 2016



Prof.ª. Dra. Laura Jane Gomes
Orientadora



Prof. Dr. Airon José da Silva



Prof. Dr. Marcus Aurélio Soares Cruz

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2016

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe.

À CAPES pelo financiamento dos estudos.

À profa. Dra. Laura Jane Gomes pela amizade, parceria, financiamento desta pesquisa e ensinamentos nesta etapa.

Ao Prof. Dr. Airon José da Silva pela parceria, financiamento da pesquisa e ensinamentos.

Ao Prof. Marcus Aurélio Soares Cruz pela parceria e ensinamentos.

Aos participantes que contribuíram para a pesquisa.

À Superintendência de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SRH/SEMARH) pelo fornecimento de dados.

Ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) pelo apoio financeiro.

À Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO) pelo fornecimento de dados.

Aos colegas e professores da pós-graduação pela contribuição.

A Deus por tornar todas as coisas possíveis.

RESUMO

Como um dos objetivos do milênio pactuados entre 191 países por meio da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2000, a sustentabilidade é uma meta que deve ser buscada em cada atividade humana. A agricultura irrigada tem sido relatada por consumir cerca de 70% da água utilizada no planeta. Diante do panorama mundial de mudanças climáticas e escassez de recursos hídricos, práticas sustentáveis na agricultura irrigada precisam ser mensuradas, e para isso tem-se buscado o uso de ferramentas a exemplo dos indicadores de sustentabilidade. O perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe, Brasil tem sido citado, no meio acadêmico, por apresentar dificuldades na gestão de recursos hídricos. Diante disto, este trabalho teve por objetivo geral avaliar a sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da Ribeira através de indicadores ambientais, sociais e econômicos. Para tanto o trabalho foi dividido em três partes correspondentes aos objetivos específicos: avaliar a qualidade da água do reservatório da Ribeira através de indicadores de risco para agricultura irrigada; avaliar a qualidade agroambiental dos solos do perímetro irrigado Poção da Ribeira através de indicadores químicos; avaliar a condição sustentável do perímetro através de um índice de sustentabilidade composto por indicadores ambientais, sociais e econômicos. Os resultados permitiram concluir que a qualidade da água do reservatório da Ribeira apresenta riscos de fitotoxidade por cloro e sódio durante o período seco para a região, além de risco iminente de contaminação microbiológica por coliformes termotolerantes. Os solos do perímetro irrigado apresentam baixos teores de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica e valores elevados de fósforo e potássio indicando um manejo intensivo e inadequado para a manutenção da fertilidade e conservação do solo. Concluiu-se que a superação da individualidade pela organização social, a adoção de práticas conservacionistas do solo, o tratamento sanitário da água, redução e eficiência no consumo da água para irrigação, o abandono do uso de agrotóxicos, a implantação de serviços públicos de assistência técnica rural, educação e capacitação profissional técnica e extensão rural, segurança pública e monitoramento de água e solo, são necessidades que podem melhorar a situação atual e consequentemente a busca da condição de sustentabilidade ideal.

Palavras-Chave: indicadores de sustentabilidade, análise multivariada, agricultura irrigada, gestão ambiental, recursos hídricos, qualidade química do solo.

ABSTRACT

As one of the objectives of the agreed millennium among 191 countries by the United Nations (UN) in 2000, the sustainability is a goal that must be pursued in every human activity. The irrigated agriculture has been reported to consume about 70% of the water used on the planet. In face of the global climate change scenarios and of water scarcity, sustainable irrigated agriculture practices will have to be measured, and this has been realized using tools at example of the sustainability indicators. The irrigated perimeter Poção da Ribeira in Sergipe, Brazil, has been cited in the academic space to presents difficulties in managing water resources. In face this, the objective of this study was to evaluate the sustainability of irrigated perimeter Poção da Ribeira through environmental, social and economic indicators. For this, the work was divided into three parts corresponding to specific objectives: assess the Ribeira reservoir water quality through risk indicators for irrigated agriculture; assess agri-environmental quality of Poção da Ribeira soils irrigated perimeter through of chemical indicators; assess the sustainable condition of the perimeter through a sustainability index composed of environmental, social and economic indicators. The results showed that the water quality of the Ribeira reservoir presents phytotoxicity risk for chlorine and sodium during the dry season in the region, and imminent risk of microbiological contamination by fecal coliforms. The irrigated perimeter soils showed lows organic matter contents and cation exchange capacity and high levels of phosphorus and potassium indicating an intensive and inadequate tillage for the maintenance of fertility and soil conservation. It was concluded that overcoming individuality through the social organization, the adoption of soil conservation practices, the water sanitary treatment, the reduction and efficient use of water for irrigation, the abandonment of pesticides use, the implementation of technical and extension assistance rural services, education and the technical vocational training, public security, the monitoring of water and soil, are needs that can improve the current situation and therefore the pursuit for condition ideal sustainability.

Keywords: Sustainability indicators, Multivariate analysis, Irrigated agriculture, Environmental management, Water resources, Soils chemical quality.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	13
2. ARTIGO I: QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE, PARA USO NA IRRIGAÇÃO	16
RESUMO	16
ABSTRACT	16
2.1 INTRODUÇÃO.....	17
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.4 CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS	28
3. ARTIGO II: QUALIDADE DOS SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE.	32
RESUMO	32
ABSTRACT	32
3.1 INTRODUÇÃO.....	33
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.4 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS	44
4. ARTIGO III: PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE PARA O PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE.	47
RESUMO	47
ABSTRACT	47
4.1 INTRODUÇÃO.....	48
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	50
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.4 CONCLUSÕES.....	62

REFERÊNCIAS	62
5. CONCLUSÕES GERAIS	68
APÊNDICES	70

1. INTRODUÇÃO GERAL

O termo desenvolvimento sustentável cunhado pelo relatório Brundtland em 1987 definiu-o como um novo modelo de gestão em que as práticas atuais de uso dos recursos naturais para suprir as necessidades das presentes gerações não poderiam comprometer a disponibilidade em quantidade e qualidade destes recursos para o suprimento das necessidades das gerações futuras (JUWANA et al., 2012).

A grande contestação feita ao relatório foi quanto aos termos para mensuração, quantificação e avaliação dos graus de sustentabilidade que propunha (SARANG et al., 2008).

Sustentabilidade é um conceito que está relacionado à eficiência, redução do desperdício, resiliência, renovabilidade e recuperação de determinado recurso ou sistema, de modo a fornecer qualidade de vida para as populações e permitir desenvolvimento econômico equilibrado com os limites de disponibilidade natural, portanto, deve ser abordada de forma integrada entre os sistemas ambientais, sociais e econômicos na tomada de decisão, sobretudo pelo enfoque da gestão de riscos na agricultura irrigada (HARMANCIOGLU et al., 2013).

Mundialmente a cada ano são estimados incrementos em torno de 10 milhões de hectares com algum grau de degradação pela salinidade, evidenciando que em torno de 1/3 das terras irrigadas do mundo tem sua produtividade reduzida devido à má gestão no uso de recursos hídricos, além do consumo excessivo de água e energia que tendem a ser reduzidos com a adoção de tecnologias mais eficientes e acessíveis, sobretudo à agricultura familiar (KHAN e HANJRA, 2008; SINGH, 2010; MCDONALD e GIRVETZ, 2013).

No Brasil, assim como em outros países com forte economia agrária o fortalecimento da agricultura irrigada em perímetros públicos está associado ao fortalecimento socioeconômico da agricultura familiar (SINGH, 2010).

O perímetro público de irrigação Poção da Ribeira localizado no município de Itabaiana, Sergipe, foi fundado em 1987 sem intervenção fundiária, possui 485 lotes e fornece produtos agrícolas para Sergipe e estados vizinhos, destacando-se: batata-doce, alface, cebolinha, coentro, pimentão, tomate, couve, amendoim, berinjela, feijão e vagem.

A agricultura local é predominantemente familiar e tem sido relatada em pesquisas acadêmicas por apresentar dificuldades na gestão socioeconômicas e ambiental, além de elevado consumo de água e pressão sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Traíras, no entanto, informações ainda são escassas, mesmo diante da importância dos efeitos da gestão da agricultura no perímetro sobre a qualidade ambiental e às condições socioeconômicas regionais, além de riscos associados ao uso de agrotóxicos para a saúde

pública nas áreas consumidoras em Sergipe e nos demais estados, motivos que justificam a escolha da área para estudo.

Estudos realizados no local por Santos (2013) apontam de forma geral para usos expressivos de agrotóxicos e fertilizantes. Relata também que problemas de saúde relacionados à contaminação das águas utilizadas na irrigação são frequentes.

A análise das relações econômicas de custo e rentabilidade da produção de batata-doce realizadas por Melo et al. (2009) neste e em outros perímetros em Sergipe, identificou que a utilização expressiva de fertilizantes correspondia a cerca de 35% do custo de produção, além da mão-de-obra contratada (14,48%), fatores que afetam consideravelmente as propriedades e qualidade dos solos, águas e o equilíbrio socioeconômico. Apontando para a necessidade de estudos de sustentabilidade por meio de ferramentas como os indicadores.

Os indicadores de sustentabilidade são variáveis quantitativas e qualitativas que representam determinados pontos críticos relacionados às condições naturais ou socioeconômicas dentro de um contexto histórico e espacial (CARNEIRO NETO et al., 2008; JUWANA et al., 2012; HAILESLASSIE et al., 2016). A seleção de indicadores contextualizados temporal e espacialmente é uma garantia de representação eficiente do sistema. Cada indicador de sustentabilidade está relacionado a um limiar ou padrão mínimo aceitável de uma grandeza (ZHEN e ROUTRAY, 2003; SINGH et al., 2012).

O conceito de limiar conduz à ideia de segurança mínima e indica que existem situações em que a insustentabilidade poderá ser irreversível (HILLMAN et al., 2012).

Um limiar corresponde, portanto, a um valor ou estado de determinada grandeza onde se verifica um ponto limite, padrão ou situação ótima no qual a partir daí, modificando-se a grandeza em determinada situação, poderia se incorrer em prática insustentável (JUN et al., 2011; PINTÉR et al., 2012; HAILESLASSIE et al., 2016).

Nem sempre a verificação de limiares se mostra fácil e exata, existem divergências entre pesquisadores e órgão técnicos, no entanto, a escolha de limiares deve estar contextualizada à legislação, norma técnica vigente ou padrão científico e social esperado para a área de estudo e determinada variável (PINTÉR et al., 2012; SINGH et al., 2012; MEKKI et al., 2013).

Dentre as metodologias para mensuração da sustentabilidade o Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS) tem sido empregado e adaptado para identificação participativa de indicadores representativos (ANYAEGBUNAM et al., 2008; GENG et al., 2014), de maneira que seja possível relacionar indicadores socioeconômicos e ambientais de importância para o sistema como, por exemplo,

a qualidade química dos solos e qualidade da água para irrigação.

Estudos realizados para avaliar a qualidade das águas para irrigação, tem demonstrado a importância de parâmetros relacionados à salinidade e sodicidade para o solo, riscos de obstrução e corrosão dos sistemas de irrigação, toxicidade para plantas que podem comprometer a sustentabilidade dos sistemas (AYERS e WESTCOT, 1994; AMORIM et al., 2010), contaminação microbiológica e disseminação de doenças de veiculação hídrica (ALVES FILHO e RIBEIRO, 2014), toxidez por metabólitos produzidos por algas, microalgas e cianobactérias (BRASIL, 2005; PARK et al., 2015).

A qualidade dos solos também tem se mostrado uma questão de elevada importância. A conservação dos solos está intimamente relacionada à presença de matéria orgânica em níveis satisfatórios, baixos valores de acidez e salinidade e boa retenção dos nutrientes pela capacidade de troca catiônica do solo (CTCp) (GONG et al., 2015; ROJAS et al., 2016). No entanto, se tem observado que os teores de matéria orgânica no solo são fortemente influenciados pelo manejo do solo e da irrigação, de maneira que parâmetros locais e regionais são comumente utilizados para estabelecer limites de interpretação e recomendação para a qualidade dos solos (ALVAREZ V. et al., 1999; SIQUEIRA, 2007), juntamente com análises estatísticas que permitam avaliar conjuntamente multivariáveis.

Técnicas estatísticas têm sido utilizadas para análise de indicadores e construção de índices de sustentabilidade: a análise hierárquica de processos - AHP (SAATY, 2008), análise multivariada fatorial/componente principal (CARNEIRO NETO et al., 2008), lógica fuzzy (RODRIGUEZ et al., 2016).

Neste trabalho, a técnica multivariada baseada na extração das componentes principais ou fatores foi escolhida porque permite a redução da dimensão e atribuição de pesos para ponderação dos indicadores selecionados com base na correlação entre as variáveis mensuradas, diminuindo-se o efeito subjetivo de ponderação (CARNEIRO NETO et al., 2008; LOPES et al., 2009; HAILESLASSIE, 2016).

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado Poção da Ribeira através de indicadores ambientais, sociais e econômicos. Para isto, este trabalho foi dividido em três partes correspondendo aos objetivos específicos.

A primeira parte corresponde à análise da qualidade da água e sustentabilidade no seu uso para irrigação do perímetro Poção da Ribeira através de indicadores relacionados à gestão de riscos para agricultura irrigada e para o ambiente, buscando identificar condições que possam oferecer insegurança ou dano ambiental e consequentemente socioeconômico a fim de sugerir ações para evitá-los ou minimizá-los.

Na segunda parte foram realizadas análises de solos de sessenta lotes para avaliar a qualidade agroambiental e sustentabilidade do manejo agrícola dos solos com vistas à melhoria das condições de fertilidade, conservação dos solos, gestão de riscos de salinidade, sodicidade e acidez por meio de indicadores químicos.

A terceira e última parte foi destinada a avaliar as condições socioeconômicas dos agricultores irrigantes e das condições ambientais relacionadas ao manejo agrícola buscando identificar situações conflitantes com a condição sustentável, possíveis causas e soluções através da construção de um índice de sustentabilidade para os lotes analisados e para o perímetro com o uso de análise multivariada.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. P. 30-35.
- ALVES FILHO, J. P.; RIBEIRO, H. Saúde ambiental no campo: o caso dos projetos de desenvolvimento sustentável em assentamentos rurais do Estado de São Paulo. **Saúde e Sociedade**, v. 23, n. 2, p. 448-466, 2014.
- AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 804-811, 2010.
- ANYAEGBUNAM, C.; MEHALOPULOS, P.; MOETSABI, T. **Diagnóstico Participativo de Comunicación Rural**. 2ª edição. Roma: ICDS, 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/y5793s/y5793s00.HTM>>. Acesso em: 11/11/2014.
- AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 3ª ed. Rome: FAO, 1994. 174p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCRp/003/T0234e/T0234e00.htm>>. Acesso em: 15/11/2015.
- BRASIL. Lei nº 12.787 de 11 de Janeiro de 2013. **Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm>. Acesso em: 15/01/2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357/2005**, de 17 de março de 2005 – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acessado em: 10/12/2015.
- CARNEIRO NETO, J. A. et al. Índice de sustentabilidade agroambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1272-1279, 2008.
- GENG, Q. et al. A framework of indicator system for zoning of agricultural water and land resources utilization: A case study of Bayan Nur, Inner Mongolia. **Ecological Indicators**. V. 40, p. 43-50, 2014.
- GONG, L.; RAN, Q.; HE, G.; TIYIP, T. A. A soil quality assessment under different land use types in Keriya river basin, Southern Xinjiang, China. **Soil & Tillage Research**, v. 146, B, p. 223-229, 2015.
- HAILESLASSIE, A. et al. Empirical evaluation of sustainability of divergent farms in the dryland farming systems of India. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 710-723, 2016.
- HARMANCIOGLU, N. B.; BARBAROS, F.; CENTINKAYA, C. P. Sustainability issues in water management. **Water Resources Management**, Izmir, v. 27, n. 6, p. 1867-1891, 2013.
- HILLMAN, B.; DOUGLAS, E. M.; TERKLA, D. An analysis of the allocation of Yakima River water in terms of sustainability and economic efficiency. **Journal of Environmental**

Management, v. 103, p. 102-112, 2012.

JUN, K. S. et al. Development of spatial water resources vulnerability index considering climate change impacts. **Science of the Total Environment**. V. 409, n. 24, p. 5228-5242, 2011.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability assessment – A review. **Science of the Total Environment**, v. 438, n. 1, pp. 357-371, 2012.

KHAN, S.; HANJRA, M. A. Sustainable land and water management policies and practices: a pathway to environmental sustainability in large irrigation systems. **Land degradation & development**, v. 19, n. 5, p. 469-487, 2008.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; LOBATO, F. A. O. L.; MENDONÇA, M. A. B. Indicadores de sustentabilidade no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**. V. 40, n. 1, p. 17-26, 2009.

McDONALD, R. I; GIRVETZ, E. H. Two Challenges for U.S. Irrigation Due to Climate Change: Increasing Irrigated Area in Wet States and Increasing Irrigation Rates in Dry States. **Plos one**, v. 8, n. 6, p. 1-10, 2013.

MEKKI, I. et al. Management of groundwater resources in relation to oasis sustainability: The case of the Nefzawa region in Tunisia. **Journal of Environmental Management**, v. 121, p. 142-151, 2013.

MELO, A. S. et al. Custo e rentabilidade da produção de batata-doce, nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

PARK, Y. et al. Stressor–response modeling using the 2D water quality model and regression trees to predict chlorophyll-a in a reservoir system. **Journal of Hydrology**, v. 529, n. 3, p. 805-815, 2015.

PAZ, J. M. de; VISCONTI, F.; RUBIO, J. L. Spatial evaluation of soil salinity using the WET sensor in the irrigated área of the Segura river lowland. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 174, n. 1, p. 103-112, 2011.

PINTÉR, L. et al. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 20-28, 2012.

RODRÍGUEZ, E. et al. Dynamic Quality Index for agricultural soils based on fuzzy logic. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 678-692, 2016.

ROJAS, J. M. et al. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 250-262, 2016.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, 2008.

SANTOS, C. E. Questões socioambientais nos perímetros irrigados do município de Itabaiana, Sergipe. **ACTA Geográfica**, v. 7, n. 14, p. 139-152, 2013.

SARANG, A.; VAHEDI, A.; SHAMSAI, A. How to Quantify Sustainable Development: A Risk-Based Approach to Water Quality Management. **Environmental Management**. v. 41, n. 2, p.200-220, 2008.

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**, 1 Pendrive, color, 2014.

SINGH, A. Decision support for on-farm water management and long-term agricultural sustainability in a semi-arid region of India. **Journal of Hydrology**. V. 391, n. 1-2, p. 63-76, 2010.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, Mumbai, v. 16, n. 1, p. 281-299, 2012.

SIQUEIRA, O. J. W. de. Diagnóstico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In: SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. P. 49-79.

ZHEN, L.; ROUTRAY, J. K. Operational Indicators for Measuring Agricultural Sustainability in Developing Countries. **Environmental Management**, v. 32, n. 1, p. 34-46, 2003.

2. ARTIGO I: QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE, PARA USO NA IRRIGAÇÃO.

RESUMO

O controle da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais utilizadas na irrigação é de fundamental importância para a gestão de riscos na agricultura e saúde pública. Dentre os principais indicadores de riscos estão o de salinidade e sodicidade para o solo, toxicidade de íons para as culturas, obstrução do sistema de irrigação, contaminação e toxicidade microbiológica. O presente trabalho teve por objetivo avaliar e classificar a qualidade da água do reservatório Poção da Ribeira em Sergipe, utilizada para irrigação do perímetro Poção da Ribeira com base em indicadores físico-químicos e microbiológicos. Os resultados apontam que a utilização da água no período seco para a região oferece riscos de sodificação do solo e toxicidade para as culturas com base nos teores de íons cloro e sódio, além de obstrução do sistema de irrigação e contaminação microbiológica por coliformes termotolerantes. As águas puderam ser classificadas como doces segundo a Resolução CONAMA 357/2005 e cloretadas sódicas segundo o diagrama de Piper. O uso da técnica multivariada de componentes principais permitiu identificar que o reservatório apresenta características de sazonalidade, marcada principalmente pelo risco do efeito salino/sódico no período seco e de contaminação pelo aumento de coliformes termotolerantes e microalgas no período chuvoso. O risco de contaminação microbiológica e fitotoxicidade por Cl^- e Na^+ impõe a necessidade de tratamento da água utilizada assim como medidas de controle da poluição.

Palavras Chave: Agricultura irrigada, Indicadores de qualidade de água, Recursos hídricos superficiais, Gestão de riscos na agricultura irrigada.

ABSTRACT

The physicochemical and microbiological control quality of surface water used for irrigation is crucial for risk management in agriculture and public health. Among the main risk indicators are the salinity and sodicity to soil, ion toxicities to crops, irrigation system obstruction, contamination and microbiological toxicity. This study aimed to evaluate and classify the water quality of the Poção da Ribeira reservoir in Sergipe, which is used on Poção da Ribeira irrigated perimeter, based in physicochemical and microbiological indicators. The results indicate that the use of water in the dry season to the region offers of soil sodification risks and toxicity for crops based on chlorine and sodium levels, as well as obstruction of the irrigation system and microbiological contamination by fecal coliforms system in the rain season. The waters were classified as sweet according to CONAMA Resolution 357/2005 and chlorinated sodic according to Piper's diagram. The use of the principal components multivariates technique identified that the reservoir present seasonal characteristics, marked mainly by the risk of salt/sodium effect in the dry season and the increase contamination of thermotolerant coliforms and microalgae in the rainy season. The risk of microbial contamination and phytotoxicity by Cl^- and Na^+ requires the need of treat the water used as well as pollution control measures.

Key Words: Irrigated agricultural, Water quality indicators, Surface water resources, Risks management in irrigated agriculture.

2.1 INTRODUÇÃO

O reservatório Poção da Ribeira entre Itabaiana e Campo do Brito em Sergipe, assim como muitos reservatórios naturais e artificiais de água no mundo tem sofrido grande pressão de demanda de uso para irrigação e recebido grandes cargas de poluentes (LIU et al., 2015).

A utilização da água na agricultura irrigada requer constante monitoramento da qualidade a fim de garantir a adequação para as finalidades pretendidas (AYERS e WESTCOT, 1994), além de estudos de sustentabilidade baseados em critérios técnicos dentro de limites mensuráveis e preditivos (SINGH, 2012; TUNDISI, 2008).

A qualidade específica da água para irrigação tem sido mensurada principalmente pelos riscos associados à salinidade e sodificação do solo, toxicidade de íons para as culturas, obstrução do sistema de irrigação, contaminação microbiológica e à presença de toxinas de algas, microalgas e cianobactérias (AYES e WESTCOT, 1994; BRASIL, 2005; AMORIM et al., 2010; CHIGOR et al., 2013; PARK et al., 2015).

A salinidade da água para irrigação foi avaliada através da condutividade elétrica da água (CEa) no Ceará (BARROSO et al., 2011) e em Portugal (RAMOS et al., 2011). Os sólidos dissolvidos totais (SDT) apresentam comportamento diretamente proporcional aos valores de CEa na água, juntas estas variáveis indicam a possibilidade de aumento na concentração de sais no solo que oferece riscos diretos à produtividade dos cultivos e à conservação ambiental (LIMA et al., 2014; SINGH, 2015).

O risco de sodificação do solo é mensurado pela relação entre a razão de adsorção de sódio (RAS) e a CEa. A RAS expressa a relação de proporção entre os cátions sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) presentes na água e que afetam as propriedades estruturais e conservação dos solos. Estudos envolvendo a determinação da RAS foram realizados em águas subterrâneas em Sergipe (AMORIM et al., 2010) e seus efeitos sobre os solos submetidos à irrigação foram avaliados em Portugal (RAMOS et al., 2011) e na Grécia (LEKAKIS e ANTONOPOULOS, 2015).

A toxicidade para as plantas está associada aos efeitos dos íons sódio (Na^+), cloro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) e nitrato (NO_3^-) nos tecidos vegetais podendo causar queima e manchas foliares, murcha, suscetibilidade a doenças e efeitos fisiológicos indesejáveis nas culturas (ALMEIDA, 2010).

Riscos relacionados à obstrução do sistema de irrigação são comumente associados às concentrações de ferro insolúvel (Fe^{3+}) (SANTOS e HERNANDEZ, 2013) e manganês (Mn^{4+}) (NAKAYAMA, 1982) que causam incrustações.

O risco de formação de precipitados de cálcio como o carbonato de cálcio (CaCO_3) é determinado pelo índice de saturação de Langelier (ISL) e tem sido associado a valores de pH, HCO_3^- e Ca^{2+} elevados, causando obstrução e corrosão das tubulações nos sistemas de irrigação (AMORIM et al., 2010). As oscilações sazonais dos teores de carbonatos e bicarbonatos em relação ao risco dado pelo ISL foram observadas em águas superficiais na Polônia (FERENCZ e DAWIDEK, 2015).

A utilização de águas não tratadas em sistemas de irrigação expõe agricultores e consumidores a sérios riscos de contaminação e doenças provocadas por micro-organismos do tipo coliformes termotolerantes, como observado em águas superficiais utilizadas para irrigação de hortícolas na África do Sul (CHIGOR et al., 2013).

O risco oferecido pela presença de toxinas produzidas por algas, microalgas e cianobactérias capazes de produzir danos à sanidade de plantas, animais e seres humanos tem sido expresso em teores de clorofila *a* na água (SAGRANE e OUDRA, 2009). Efeitos de sazonalidade sobre o crescimento de algas, microalgas e cianobactérias foram observados em águas superficiais na Coreia do Sul (PARK et al., 2015).

Métodos de classificação das águas como o do diagrama hidroquímico de Piper e do risco de salinidade e sódio do *United States Salinity Laboratory* – USSS (RICHARDS, 1954), foram utilizado para classificar águas superficiais no Ceará (BARROSO et al., 2011) e águas subterrâneas em Bangladesh (BHUIYAN et al., 2015) e na Índia (SHARMA et al., 2011), demonstrando-se de elevada utilidade para definir padrões de caracterização dos corpos hídricos.

Técnicas estatísticas multivariadas tem se mostrado de grande eficiência em recursos hídricos para análise de um maior número de variáveis, permitindo avaliar, por exemplo, efeitos de sazonalidade e de relação entre as variáveis de forma condensada e com pouca perda de informação, destacando-se a análise de componentes principais que foi aplicada em estudos no Rio Salgado no Ceará (FONTENELE et al., 2011), Rio Pomba em Minas Gerais (GUEDES et al., 2012) e na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos no Rio Grande do Sul (PANIZZON et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e classificar a qualidade sazonal da água do reservatório da Ribeira, através de indicadores físico-químicos e biológicos relacionados à gestão sustentável de riscos na agricultura irrigada do perímetro Poção da Ribeira em Sergipe.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris ocupa 11,6% da área do Estado de Sergipe. Os principais tributários do Vaza-Barris são o Rio das Traíras e o Rio Salgado. O Rio das Traíras possui 33,93 km de extensão e sua Unidade de Planejamento (UP) ocupa uma área de 239,58 km² entre os municípios de Itabaiana, Areia Branca e Campo do Brito (Figura 1).

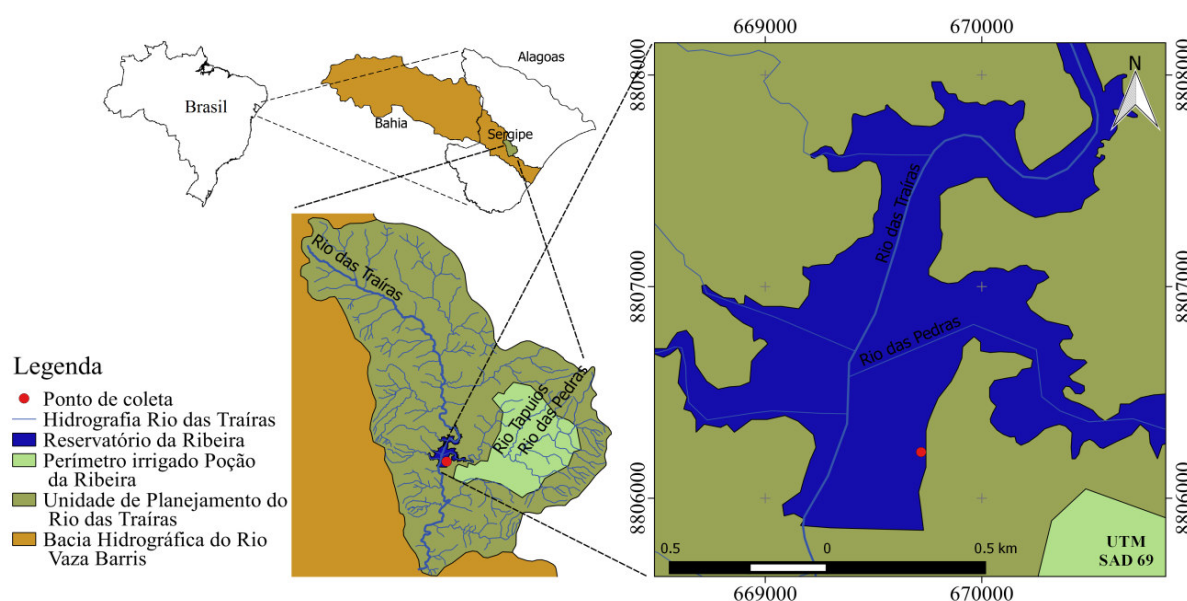


Figura 1. Localização da área de estudo na unidade de planejamento do Rio das Traíras.

Fonte: dados da pesquisa e da SEMARH (2014).

Predominam na área da UP do Rio das Traíras solos do tipo planossolos (54%), rochas do tipo ígneas e metamórficas (83%) e aquíferos do tipo fissural muito fraturado (83%). A cobertura e uso do solo (Figura 2A) apresentam predominância de pastagens (65,43%) e áreas agrícolas (15,87%).

O clima para a região segundo a classificação de Köppen é do tipo As, com outono/inverno chuvoso e primavera/verão mais secos (SOUSA et al., 2010). As máximas precipitações médias mensais ocorrem de abril a junho e as mínimas entre outubro e dezembro (Figura 2B).

O reservatório da Ribeira possui 211 ha de área inundada com capacidade de armazenamento de 16,5 milhões de m³. O Perímetro Irrigado Poção da Ribeira demanda 77% do consumo total de água do reservatório (SEMARH, 2014). O tempo de residência da água no reservatório está condicionado aos períodos de cheia e estiagem. A agricultura irrigada por microaspersão é caracterizada pelo manejo intensivo do solo, elevados consumos de água não tratada, fertilizantes e defensivos agrícolas. As principais culturas são: batata-doce, alface,

cebolinha, coentro, couve, pimentão, salsa, tomate e pimenta.

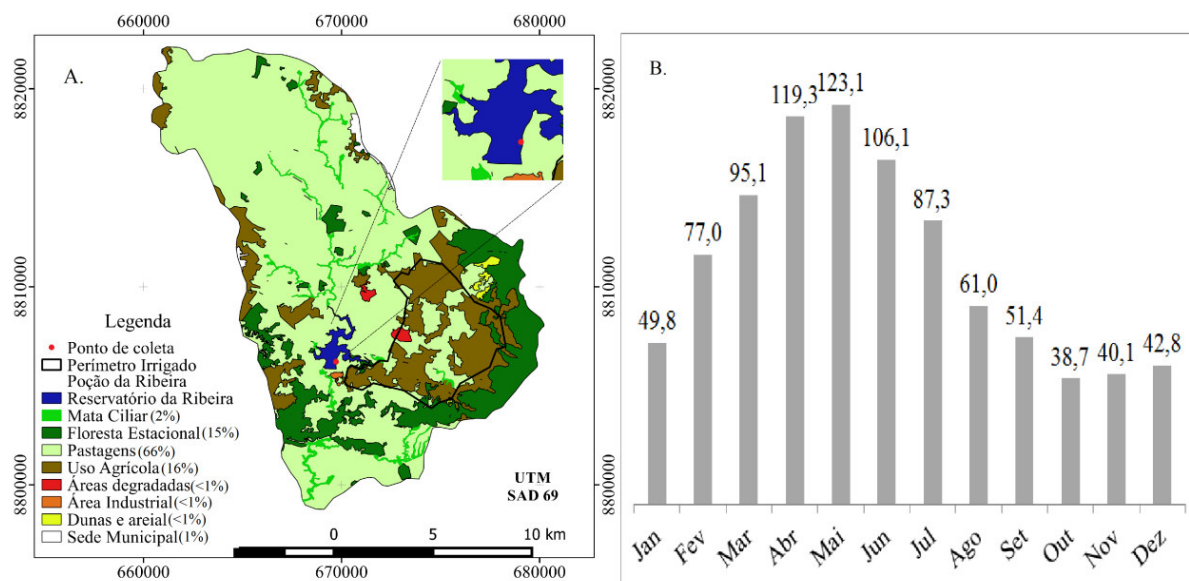


Figura 2. (A) Coberturas e usos do solo na UP Traíras; **(B)** Precipitação média mensal (mm) para o posto meteorológico nº 01037019, Açude de Itabaiana entre 1914-1985 (BRASIL, 2016).

Fonte: dados da pesquisa e da SEMARH (2014).

As coletas foram realizadas à profundidade de 10m, próximo ao ponto de tomada de água para o projeto irrigado Poção da Ribeira, na coordenada UTM 669.720 (E) 8.806.218 (S) (Figuras 1 e 2A).

Os dados são fruto do monitoramento realizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH) e pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) com quatro coletas: junho e novembro de 2013 e julho e novembro de 2014.

As amostras foram coletadas, acondicionadas, preservadas e transportadas segundo procedimento do ITPS e analisadas em laboratórios do instituto, utilizando-se espectrofotometria de absorção atômica (AA) para determinação de metais, cromatografia iônica para determinação de íons segundo métodos do United States Environmental Protection Agency (US EPA) e os demais parâmetros foram analisados seguindo-se os protocolos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) (APHA, 2012).

Foram realizados no software livre QualifGraf o balanço iônico segundo Logan (1965) para validação dos dados, e posteriormente foram feitas as classificações das águas segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), o diagrama hidroquímico de Piper e do *United States Salinity Laboratory* (USSSL) para riscos de salinidade e sódio (MOBUS, 2003).

Para avaliar a qualidade da água para irrigação com base na gestão de riscos foram analisados, neste trabalho, os seguintes indicadores (Apêndice D):

Condutividade elétrica da água (CEa) em dS m^{-1} , sólidos totais dissolvidos (STD) em mg L^{-1} e a razão de adsorção de sódio (RAS) relacionados ao risco de salinização e sodificação do solo. Os íons sódio (Na^+), cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, nitrato (NO_3^-) em mg L^{-1} e a RAS foram avaliados em relação à toxidez para as culturas quanto ao tipo de sistema de irrigação (ALMEIDA, 2010; AYERS e WESTCOT, 1994).

Foram avaliados também: ferro total (Fe) e manganês (Mn) em mg L^{-1} e pH, (NAKAYAMA, 1982) e o índice de saturação de Langelier (ISL), todos relacionados ao risco de obstrução do sistema de irrigação localizada (AMORIM et al., 2010; AYRES e WESTCOT, 1994).

Foram avaliados os teores de coliformes termotolerantes em NMP 100mL^{-1} , relacionados ao risco de contaminação microbiológica e de clorofila *a* em $\mu\text{g L}^{-1}$ relacionada ao risco de toxicidade microbiológica por toxinas de algas, microalgas e cianobactérias (BRASIL, 2005; SAQRANE e OUDRA, 2009; BARKER et al., 2014).

A razão de adsorção de sódio (RAS) e o índice de saturação de Langelier (ISL) são calculados segundo Ayers e Westcot (1994) e Amorim et al. (2010):

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

Onde as concentrações de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} são expressas em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$.

$$\text{ISL} = \text{pH}_a - \text{pH}_c \quad (2)$$

Onde: pH_a é o pH da amostra e pH_c é o pH de equilíbrio para CaCO_3 . O pH_c de equilíbrio para CaCO_3 é calculado segundo Ayers e Westcot (1994) e Amorim et al. (2010).

$$\text{pH}_c = (\text{pK}_2 - \text{pK}_c) + \text{pCa} + \text{p(Alk)} \quad (3)$$

Onde: $\text{pK}_2 - \text{pK}_c$ é a soma das concentrações de Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$); pCa a concentração de Ca^{2+} ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) e p(Alk) a soma das concentrações de CO_3^{2-} e HCO_3^- em ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) (AMORIM et al., 2010).

Os valores obtidos (Apêndice D) foram comparados com a Tabela 1 para identificação da classe de restrição dos indicadores em cada coleta.

Para avaliar o efeito das variáveis sobre a caracterização do reservatório foi realizada a análise de componentes principais e de agrupamento hierárquico (CHOW et al., 2016) que permite verificar o comportamento das variáveis de forma condensada e correlacionada, e

identificar grupos de variáveis que possam determinar características para o corpo hídrico, assim como efeitos de sazonalidade relacionado ao agrupamento de coletas no mesmo período.

A análise de componentes principais foi utilizada também para verificar a similaridade entre as coletas, possibilitando identificar efeitos de sazonalidade sobre o comportamento do reservatório e a qualidade da água (PANIZZON et al., 2013).

Ass análise estatísticas foram realizadas no Software R (R Core Team, 2015), com uso do pacote estatístico FactoMineR e da função “PCA” que permitem a criação de gráficos biplot das duas primeiras componentes principais relacionadas à contribuição da variáveis (indicadores) e dos casos (coletas) para seus escores (HUSSON et al., 2016) (Apêndice E).

Tabela 1. Classes de restrição do uso da água na irrigação com base nos indicadores de risco

Indicadores de Risco	Sistema de irrigação/ Produção e uso	Variáveis	Classe de restrição		
			Nenhum	Leve a Moderada	Severa
Salinização do solo		CEa (dS m ⁻¹) SDT (mg L ⁻¹)	< 0,7 < 450	0,7 a 3,0 450 a 2.000	>3,0 > 2.000
Sodificação do solo		RAS (mmol _c L ⁻¹)		CEa (dS.m ⁻¹)	
		0 a 3	> 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
		3 a 6	> 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
		6 a 12	> 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
		12 a 20	> 2,9	2,9 a 1,3	<1,3
		20 a 40	> 5,0	5,0 a 2,9	<2,9
Toxicidade às culturas	Superfície	RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
	Aspersão	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	< 3,0	> 3,0	
	Superfície	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
	Aspersão	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	< 3,0	> 3,0	
	Aspersão	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	< 1,5	1,5 a 8,5	> 8,5
Obstrução do sistema de irrigação localizada		NO ₃ ⁻ - N (mg L ⁻¹)	< 5,0	5,0 a 30,0	>30,0
		pH	< 7,0	7,0 a 8,0	> 8,0
		Fe total (mg L ⁻¹)	< 0,1	0,1 a 1,5	> 1,5
		Mn (mg L ⁻¹)	<0,1	0,1 a 1,5	> 1,5
Contaminação microbiológica		ISL	< 0,0	> 0,0	
	Caso 1. Hortaliças ou fruteiras consumidas cruas e/ou com película, produzidas em contato direto com a água de irrigação	Coliformes Termotolerantes (NMP 100mL ⁻¹)	≤ 200	> 200	
Toxicidade microbiológica	Caso 1	Clorofila a (µg L ⁻¹)	≤ 10,0	> 10,0	

Fonte: Adaptado de Almeida (2010), Amorim et al. (2010), Brasil (2005), Ayers e Westcot (1994) e Nakayama (1982).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço iônico mostrou adequação para as análises realizadas. Observou-se risco leve a moderado para salinização do solo em apenas 25% das coletas e nenhum risco para as demais coletas (Tabela 2). No entanto, se observou uma tendência ao aumento da salinidade no período seco (coletas 2 e 4) (Tabela 3), provavelmente devido ao aumento da concentração de sais pela evaporação no reservatório, situação similar foi observada em um reservatório na China em condições climáticas similares (ZANGH et al., 2012).

O nível de salinidade crítico para água de irrigação depende de fatores relacionados à tolerância fisiológica das plantas ao estresse salino que pode ser provocado pelo acúmulo de sais na solução do solo. Solos com textura arenosa, como os solos do perímetro Poção da Ribeira, apresentam melhor drenagem e lixiviação de sais, oferecendo menores riscos de salinização (AHMED et al., 2012).

Em relação ao risco de sodificação do solo, observou-se risco leve a moderado em 100% das coletas (Tabela 2). O sódio favorece a desestruturação do solo e erosão, diminuindo a infiltração e a drenagem, podendo dessa forma acentuar a salinidade, os efeitos adversos do sódio são moderados pela presença de íons Ca^{2+} , Mg^{2+} na água e na solução do solo (LEKAKIS e ANTONOPOULOS, 2015). Condição similar foi observada em águas subterrâneas utilizadas na irrigação na bacia do Rio Sergipe (AMORIM et al., 2010).

Tabela 2. Distribuição de frequência em % dos riscos associados às variáveis entre as coletas.

Indicadores de Risco	Sistema de Irrigação	Variáveis	Classe de restrição		
			Nenhum	Leve a Moderado	Severo
Salinização do Solo		CEa (dS m^{-1})	75	25	0
		SDT (mg L^{-1})	75	25	0
Sodificação do solo		RAS ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) e CEai (dS m^{-1})	0	100	0
	Superfície	RAS (mmol L^{-1}) ^{1/2}	50	50	0
Toxicidade às culturas	Superfície	Cl^- ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	50	50	0
	Aspersão	Na^+ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	50	50	
	Aspersão	Cl^- ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	50	50	
	Aspersão	HCO_3^- ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	50	50	0
	Aspersão	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg L^{-1})	100	0	0
Obstrução do sistema de irrigação localizada		pH	0	25	75
		Fe total (mg L^{-1})	25	75	0
		Mn (mg L^{-1})	100	0	0
		ISL	50	50	
Contaminação Microbiológica		Coliformes termotolerantes (NMP 100mL ⁻¹)	50	50	
Toxicidade microbiológica		Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	75	25	

Fonte: dados da pesquisa.

A análise de risco de toxicidade para as culturas com base nos íons Na^+ , Cl^- apontou que no período seco, coletas 2 e 4 (50%) os riscos são severos para agricultura irrigada por microaspersão aplicada no perímetro Poção da Ribeira (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3. Resultados para as variáveis de estudo em todas as coletas

Variáveis	Coleta 1 27/06/2013	Coleta 2 04/12/2013	Coleta 3 30/07/2014	Coleta 4 26/11/2014	Média	Desvio Padrão	CV%
CEa	0,51 (N)	0,87 (LM)	0,42 (N)	0,52 (N)	0,58	0,20	34,23
pH	7,55 (LM)	8,06 (S)	8,07 (S)	8,4 (S)	8,02	0,35	4,38
SDT	348,8 (N)	487,2 (LM)	235,1 (N)	294,2 (N)	341,3	107,77	31,57
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	1,51	2,07	2,82	1,33	1,93	0,67	34,71
Na^+	2,07 (N)	4,47 (S)	1,38 (N)	6,10 (S)	3,51	2,18	62,15
Cl^-	2,15 (N)	4,67 (S)	2,27 (N)	4,41 (S)	3,38	1,35	40,04
CO_3^{2-}	0	0	0	0,25	0,06	0,13	200
HCO_3^-	1,49 (N)	1,39 (N)	1,50 (LM)	1,95 (LM)	1,58	0,25	15,96
Fe	0,15 (LM)	0,13 (LM)	0,08 (N)	0,12 (LM)	0,12	0,03	26,10
Mn	0,03 (N)	0,0039 (N)	0,02 (N)	0 (N)	0,01	0,01	105,90
NO_3^-	0,08 (N)	0,48 (N)	0,01 (N)	0,09 (N)	0,17	0,21	128,54
RAS	2,37 (N)	4,40 (LM)	1,16 (N)	7,46 (LM)	3,85	2,75	71,52
ISL	1,84 (S)	-0,94 (N)	0,77 (S)	-1,80 (N)	-0,03	1,64	5392,5
Coliformes Termotolerantes	92 (N)	23 (N)	1100 (S)	350 (S)	391,2	493,01	126,01
Clorofila a	13,56 (S)	7,55 (N)	9,37 (N)	1,43 (N)	7,98	5,04	63,16

Em relação ao risco: nenhum (N), leve a moderado (LM), severo (S). Fonte: dados da pesquisa

As concentrações de íons bicarbonato (HCO_3^-) apresentaram valores de risco para restrição leve a moderada em 50%, nas coletas 3 e 4 (Tabelas 2 e 3). Os teores de nitrato (NO_3^-) não apresentaram riscos entre as coletas.

Em relação ao risco de obstrução do sistema de irrigação localizada por precipitados de ferro, 75% das coletas indicou risco leve a moderado e 25% nenhum risco (Tabela 2). Não foram identificados riscos para formação de precipitados de manganês (NAKAYAMA, 1982; SANTOS e HERNANDEZ, 2013).

O índice de saturação de Langelier (ISL) evidenciou risco severo para formação de precipitados de cálcio em 50%, correspondente às coletas 1 e 3 (período chuvoso) (Tabelas 2 e 3). Este fato está relacionado a valores elevados de pH da água de irrigação.

Efeitos de sazonalidade sobre valores de ISL foram observados em corpos hídricos na Polônia, onde se evidenciaram o carreamento de cálcio e a dissociação de bicarbonato de magnésio carreado para corpos hídricos na estação chuvosa, fatores que podem ser influenciados pela formação rochosa (FERENCZ e DAWIDEK, 2015).

Nas duas últimas coletas (50%) os valores de coliformes termotolerantes se mostraram acima do permitido para água doce classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), evidenciando risco severo de contaminação e disseminação de doenças devido à inexistência de tratamento sanitário da água utilizada (CHOI et al., 2015), situação

similar foi observada em Gana (BARKER et al., 2014) e na África do Sul (CHIGOR et al., 2013). Este fator pode estar relacionado ao carregamento de resíduos humanos e animais, haja vista que o uso do solo à montante do reservatório é composto principalmente por pastagens, escassa vegetação ciliar e drenagem dos núcleos populacionais do perímetro irrigado Poção da Ribeira (Figuras 1 e 2A).

Os valores de clorofila *a* (Tabelas 2 e 3), apontaram que apenas na primeira coleta a concentração foi superior a $10 \mu\text{g L}^{-1}$, limite máximo permitido para água doce classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Porém, se observou que no período chuvoso, possivelmente devido ao aporte de nutrientes carregados pelo escoamento superficial tenham ocorrido aumentos preocupantes dos teores de clorofila *a* e em relação ao período seco, observados também na Coreia do Sul (PARK et al., 2015).

Os riscos de contaminação por toxinas como as microcistinas de cianobactérias nocivas têm sido relatadas como fonte de riscos para agricultura irrigada devido ao efeito tóxico e crônico sobre plantas, animais e seres humanos, podendo passar pela cadeia alimentar através da fitoacumulação e consistir em risco grave à saúde (SAGRANE e OUDRA, 2009).

As águas foram classificadas através do software Qualigraf segundo a Resolução CONAMA 357/2005 como doces, apresentando valores de $\text{SDT} \leq 500 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2005; MOBUS, 2003). Segundo a classificação iônica do diagrama de Piper como cloretadas sódicas nas coletas 1, 2 e 4 e cloretada cálcica ou magnesiana na coleta 3 (Figura 3A), o que confirma o risco de toxicidade às culturas devido os elevados teores de cloro e sódio (BARROSO et al., 2011).

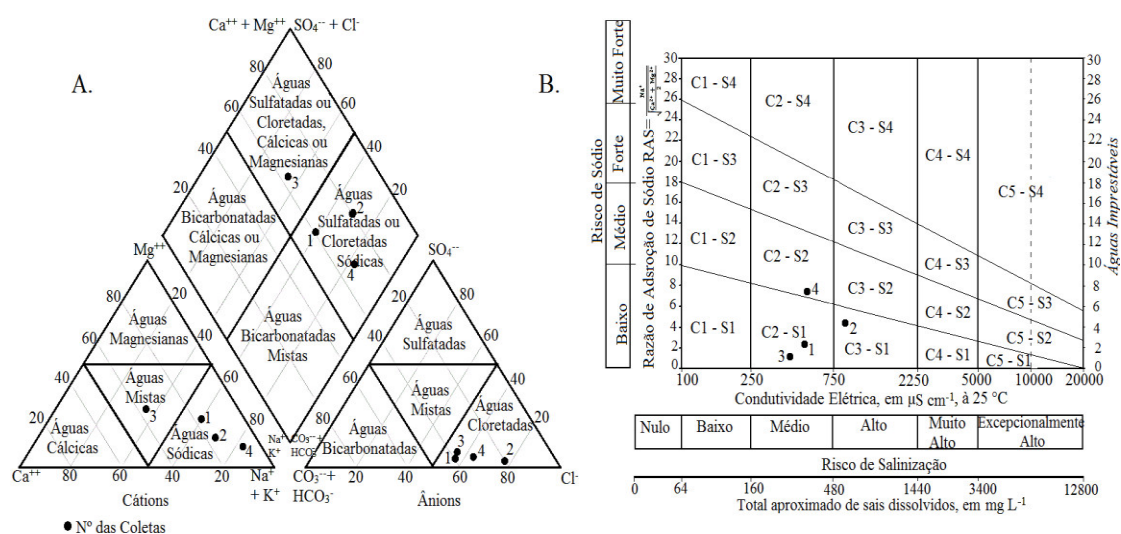


Figura 3. (A) Diagrama de Piper para classificação iônica da água. **(B)** Diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL) para classificação dos riscos de salinidade e sódio. Fonte: dados da pesquisa.

Segundo a classificação proposta pelo *United States Salinity Laboratory* - USSSL (Figura 3B), a água do reservatório nas coletas 1 e 3 (período chuvoso) se classificam como C2-S1, com risco médio de salinização e baixo de sodificação, na coleta 2 como C3-S1, com risco alto de salinização e baixo de sodificação e na coleta 4 como C2-S2 com riscos médio de salinização e sodificação (RICHARDS, 1954).

O uso da análise multivariada apontou que as duas primeiras componentes principais explicam 87% da variância dos dados (Figura 4A). A análise da relação entre as variáveis e as componentes principais (Figura 4A), demonstrou que as variáveis relacionadas aos riscos de sodificação (RAS e Na^+) e fitotoxidade (Cl^- , Na^+), assim como as coletas 2 e 4 (período seco) (Figura 4B) apresentaram contribuição positiva para a CP1 que responde por 55,12% da variância explicada para o conjunto de dados.

De modo semelhante as variáveis mais influenciadas pelo período chuvoso (Clorofila a e ISL) (Figura 4A), apresentaram valores elevados e negativos de contribuição para a CP1, assim como as coletas 1 e 3 (período chuvoso). Situação semelhante foi observada no reservatório Fei-Tsui em Taiwan, onde a técnica de componentes principais evidenciou a formação de grupos de variáveis de maior expressão para caracterização do comportamento e qualidade do corpo hídrico em relação à sazonalidade das precipitações (CHOW et al., 2016).

Este fato é de relevância porque se observa que exatamente no período seco com maior evapotranspiração e necessidade hídrica a qualidade da água pode oferecer riscos para o solo e para as plantas.

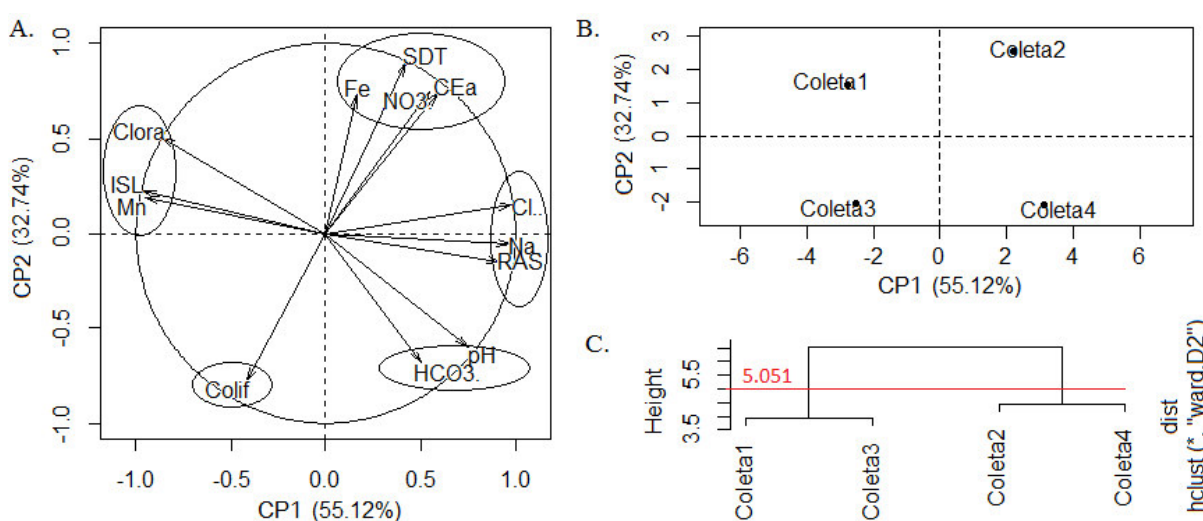


Figura 4. (A) Gráfico Biplot de contribuição das variáveis para as duas primeiras componentes principais. (B) Gráfico biplot de contribuição das coletas para as duas primeiras componentes principais. (C) Cluster de agrupamento hierárquico das coletas pelo método de Ward e distância euclidiana. Fonte: dados da pesquisa.

Os valores elevados de íons cloreto (Cl^-) na água podem estar associados à descarga da

rede de drenagem da bacia do Rio das Traíras, onde se observa que o ponto de coleta (Figura 1) está à jusante do ponto de deságua do Rio das Pedras e Rio Tapuios que drenam a área do perímetro irrigado Poção da Ribeira.

O uso de fertilizantes agrícolas a base de cloreto de potássio (KCl) somado ao lançamento de efluentes domésticos de áreas sem rede de saneamento como no perímetro irrigado Poção da Ribeira tem sido relatados como fonte principal de contaminação de corpos hídricos em reservatórios que possuem tempo de residência de poluentes mais longos, podendo ser a causa dos valores acentuados de cloro no reservatório estudado (HE e CHEN, 2013).

A análise da CP2 que explica 32,74% da variância dos dados aponta para formação do grupo que contribui positivamente para seu escore pelas variáveis relacionadas à salinidade (CEa eSDT) e teores de Fe e NO_3^- e valores elevados negativos pelas variáveis relacionadas à contaminação (coliformes termotolerantes) e acidez/alcalinidade (HCO_3^- e pH)

A contaminação por coliformes mostrou baixa correlação com as demais variáveis e sua relação com a CP2 aponta que este tipo de contaminação das águas pode não estar relacionada a aspectos sazonais, situação semelhante foi observada na bacia do Rio dos Sinos no Rio Grande do sul, onde a variável coliformes termotolerantes mostrou baixa correlação com a componente que evidenciava efeitos de sazonalidade sobre o corpo hídrico, permanecendo de forma isolada (PANNIZON et al., 2013), o que pode indicar efeito da ação antrópica sobre o uso do solo e despejo de resíduos sanitários que geram contaminação.

O agrupamento hierárquico pelo método de Ward e distância euclidiana (figura 4C) com base nos dados padronizados das variáveis da tabela 2, após determinado o ponto de corte pela linha fenon com base na distância euclidiana média (5,051) (BOUROCHE e SAPORTA, 1972), confirmou que o corpo hídrico apresenta características de sazonalidade evidenciada pelos agrupamentos entre as coletas 1 e 3 (período chuvoso) e 2 e 4 (período seco), a técnica também se mostrou útil para averiguar comportamento sazonal pela comparação entre diferentes coletas em séries históricas de qualidade da água na China (CHOW et al., 2016).

2.4 CONCLUSÕES

1. O uso da água do reservatório da Ribeira para irrigação por aspersão, sobretudo no período seco, oferece riscos severos de toxicidade por cloro e sódio para as culturas e

moderado de sodificação do solo. No período chuvoso existem riscos de toxinas de organismos autotróficos e formação de precipitados de cálcio.

2. O uso da técnica multivariada de componentes principais e cluster mostrou adequação para caracterizar o corpo hídrico e suas variações sazonais,

3. Evidenciou-se risco elevado de contaminação microbiológica por coliformes termotolerantes na água sem relação sazonal, necessitando de tratamento sanitário para uso segundo a legislação em vigor.

4. A qualidade da água do reservatório da Ribeira está impactada pela ação antrópica, fato que caracteriza a necessidade de intervenção para a adoção de ações que visem reduzir o lançamento de resíduos e efluentes domiciliares nos corpos hídricos tributários do Rio das Traíras, além do controle de uso excessivo de fertilizantes nas áreas agrícolas da bacia.

REFERÊNCIAS

AHMED, B. C. et al. Saline water irrigation effects on soil salinity distribution and some physiological responses of field grown Chemlali olive. **Journal of Environmental Management**, v. 113, p. 538-544, 2012.

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 804-811, 2010.

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, DC. 2012.

AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 3ª. ed. Rome: FAO, 1994. 174p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCRp/003/T0234e/T0234e00.htm>>. Acesso em: 15/11/2015.

BARKER, S. F.; AMOAH, P.; DRECHSEL, P. A probabilistic model of gastroenteritis risks associated with consumption of street food salads in Kumasi, Ghana: Evaluation of methods to estimate pathogen dose from water, produce or food quality. **Science of The Total Environment**, v. 487, p. 130-142, 2014.

BARROSO, A. A. F. et al. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 588-593, 2011.

BOROUCHÉ, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar, 1972. 116 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas, ANA. **Sistema de informações hidrológicas:**

hidroweb. 2016. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 05/01/2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357/2005**, de 17 de março de 2005 – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acessado em: 10/12/2015.

BHUIYAN, M. A. H.; GANYAGLO, S.; SUZUKI, S. Reconnaissance on the suitability of the available water resources for irrigation in Thakurgaon District of northwestern Bangladesh. **Applied Water Science**, v. 5, n. 3, p. 229-239, 2015.

CHIGOR, V. N.; SIBANDA, T.; OKOH, A. I. Studies on the bacteriological qualities of the Buffalo River and three source water dams along its course in the Eastern Cape Province of South Africa. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 6, p. 4125-4136, 2013.

CHOI, J.; CHOI, B. G.; SEUNGKWAN, H. Effects of NF treated water on corrosion of pipe distribution system and its implications to blending with conventionally treated water. **Desalination**, v. 360, p. 138-145, 2015.

CHOW, M. F. et al. Evaluation of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Fei-Tsui Reservoir basin, Taiwan. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 6, p. 3-15, 2016.

FERENCZ, B.; DAWIDEK, J. The variability of conditions of carbonate allocation on the example of a small flow-through Łęczna-Włodawa lake (Eastern Poland). **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 4, p. 1601-1610, 2015.

FONTENELE, S. B. et al. Análise espaço-temporal da qualidade da água na parte alta da bacia do Rio Salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 102-109, 2011.

GUEDES, H. A. S. et al. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.

HE, W.; CHEN, F. Evaluating status change of soil potassium from path model. **Plos one**, v. 8, n. 10, p. 1-15, 2013.

HUSSON F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. **FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining R package version 1.31.5**. 2016. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>>. Acesso em: 15/11/2015.

LEKAKIS, E. H.; ANTONOPOULOS, V. Z. Modeling the effects of different irrigation water salinity on soil water movement, uptake and multicomponent solute transport. **Journal of Hydrology**, v. 530, p. 431-446, 2015.

LIMA, G. S. et al. Aspectos de crescimento e produção da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 615-622, 2014.

LIU H. et al. An integrated system dynamics model developed for managing lake water quality at the watershed scale. **Journal of Environmental Management**, v. 155, p. 11-23, 2015.

LOGAN, J. **Interpretação de Análises Químicas da Água**. Agency for Internacional development. US. Recife, 1965.

MÖBÜS, G. **Qualigraf: programa para análise da qualidade de água**. FUNCEME, 2003. Disponível em: <<http://www.funceme.br/DEHID/index.htm>> Acesso em: 15 nov. 2015.

NAKAYAMA, F. S. Water analysis and treatament techniques for control emitter plugging. **In: Proceedings Irrigation Association Conference**, Portland, Oregon, p. 97-112, 1982.

PANIZZON, J. P. et al. Microbiological and physical–chemical water quality of the rice fields in Sinos River’s basin, Southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 3, p. 2767-2775, 2013.

PARK, Y. et al. Stressor–response modeling using the 2D water quality model and regression trees to predict chlorophyll-a in a reservoir system. **Journal of Hydrology**, v. 529, n. 3, p. 805-815, 2015.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <URL <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15/01/2016.

RAMOS, T. B. et al. Field evaluation of a multicomponent solute transport model in soils irrigated with saline waters. **Journal of Hydrology**, v. 407, n. 1-4, p. 129-144, 2011.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico e rehabilitación de suelos salinos e sódicos**. México: Editorial Limusa, 1954.

SAQRANE, S.; OUDRA, B. CyanoHAB Occurrence and Water Irrigation Cyanotoxin Contamination: Ecological Impacts and Potential Health Risks. **Toxins**, v. 1, n.2, p. 113-122, 2009.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 60-68, 2013.

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**, 1 Pendrive, color, 2014.

SHARMA, P.; SARMA, H. P.; MAHANTA, C. Evaluation of groundwater quality with emphasis on fluoride concentration in Nalbari district, Assam, Northeast India. **Environmental Earth Sciences**, v. 65, n. 7, p. 2147-2159, 2012.

SINGH, A. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 128-130, 2015.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.

SOUSA, I. F. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 6, p. 633-644, 2010.

TUNDISI J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

ZHANG, B. et al. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. **Water Research**, v. 46, n. 8, p. 2737-2748, 2012.

3. ARTIGO II: QUALIDADE DOS SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE.

RESUMO

A utilização de indicadores de qualidade do solo tem se mostrado de grande utilidade para avaliar condições agroambientais e sustentabilidade em solos agrícolas sob manejo intensivo e irrigação. Dentre os indicadores destacam-se os relacionados à salinidade e sodicidade (rendimento estimado da cultura em determinada CE, PST%), fertilidade e conservação (CTCp, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, V%, matéria orgânica – MO) e acidez e fitotoxidade (pH, Al³⁺, m%, H⁺+Al³⁺, Na⁺). O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade agroambiental dos solos do perímetro irrigado Poção da Ribeira em Sergipe. Foram analisados sessenta lotes sorteados aleatoriamente. Os resultados indicaram que a maior parte dos lotes apresentaram valores baixos de matéria orgânica (MO), CTCp, m%, Al³⁺ e PST indicando baixa capacidade de sorção dos solos, porém, baixos riscos de acidez, sodicidade e fitotoxidade. Os valores de pH, P, K⁺, V%, Ca²⁺ e Mg²⁺ se mostraram altos na maioria dos lotes analisados apontando boa condição de nutrição para as culturas, porém o excesso de adubação fosfatada e potássica podem oferecer riscos para a qualidade ambiental. A análise multivariada de componentes principais permitiu identificar que as variáveis relacionadas à fertilidade do solo apresentaram maior correlação com a primeira componente que explica 40% da variância. Conclui-se pela necessidade de melhoria das práticas de manejo e adubação do solo empregando técnicas conservacionistas e econômicas para incorporação de MO e fertilizantes com recomendação evitando seu excesso e risco de salinidade. Práticas adequadas devem ser tomadas para evitar a erosão hídrica e o carreamento de fósforo e sódio para os corpos hídricos provocados pelo excesso de irrigação.

Palavras Chave: conservação do solo, análise multivariada, indicadores de qualidade do solo.

ABSTRACT

The use of soil quality indicators has proven very useful to assess agri-environmental conditions and sustainability in agricultural soils under intensive management and irrigation. The indicators include those related to salinity and sodicity (estimated crop yield in certain EC, ESP%), fertility and conservation (CEC, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, V%, organic matter - OM) and acidity and phytotoxicity (pH, Al³⁺, m%, H⁺+Al³⁺, Na⁺). The objective was to evaluate the agro-environmental quality of soils irrigated perimeter Ribeira potion in Sergipe. The soils of sixty randomly selected batches were analyzed. The results indicated that most of the lots exhibited lower values of organic matter (OM), CEC, m%, Al³⁺ and ESP% indicating low soil sorption capacity, but low risk of acidity, sodicity and phytotoxicity. The pH, P, K⁺, V%, Ca²⁺ and Mg²⁺ proved high values in most of the lots analyzed showing good condition of nutrition for crops, but the excessive values of phosphorus and potassium fertilization can pose risks to environmental quality. Multivariate analysis of key components identified that the variables related to soil fertility showed a higher correlation with the first component that explains 40% of the variance. The results confirmed the need to improve management practices and fertilizing soil, using conservation and economics techniques for incorporation of organic matter and fertilizer recommendation avoiding their excess and risk of salinity. Appropriate practices should be taken to prevent hidric erosion and phosphorus entrainment and soda to water bodies caused by excessive irrigation.

Key words: soil conservation, multivariate analysis, soil quality indicators.

3.1 INTRODUÇÃO

A região do agreste de Itabaiana no estado de Sergipe tem crescido no setor hortícola devido à existência de perímetros irrigados que permitem cultivos sob manejo intensivo dos solos e produção durante todo o ano (MELO et al., 2009).

Os manejos intensivos na agricultura, marcados por processos mecanizados e utilização elevada de corretivos, fertilizantes e defensivos modificam consideravelmente as propriedades e qualidade dos solos (GONG et al., 2015; GOMES et al., 2016).

Indicadores de qualidade do solo têm sido utilizados para diagnosticar seu uso sustentável através de abordagens agroambientais (GONG et al., 2015; ROJAS et al., 2016). Singh et al. (2012) aponta que o uso de padrões comparativos de indicadores de qualidade agroambiental deve ser contextualizado ao nível local e regional.

A qualidade do solo tem sido frequentemente mensurada por indicadores químicos que afetam as propriedades físicas e biológicas (CHAKRABORTY et al., 2011; ABDALA et al., 2012; RODRIGUEZ et al., 2016).

O pH do solo é uma medida que representa a acidez ou alcalinidade dada pela presença de íons H^+ na solução do solo (XIAO et al., 2014). Valores baixos de pH tem sido relatados por afetar a absorção de elementos essenciais pelas plantas e a microbiota do solo dificultando a fixação biológica de nitrogênio e o armazenamento de carbono orgânico (LIU e LAL, 2013).

A matéria orgânica do solo (MO) é um dos indicadores de maior importância na avaliação da qualidade e conservação dos solos, em regiões tropicais as condições naturais e o manejo intensivo favorecem sua degradação por microrganismos (GUIMARÃES et al., 2013). A MO permite a conservação da fração biológica do solo, adsorção de metais tóxicos, manutenção de nutrientes para as plantas e retenção da umidade (FILEP et al., 2015).

A capacidade de troca catiônica do solo (CTCpotencial) corresponde à capacidade de atração eletrostática das argilas e MO em adsorver cátions e outras substâncias em sua superfície, está relacionada diretamente ao pH, disponibilidade de nutrientes e equilíbrio químico (SHARMA et al., 2015; HAIDI et al., 2016), valores baixos de CTCp são frequentemente observados em solos arenosos e pobres em MO (EMAMGOLIZADEH et al., 2015).

O fósforo (P) é um elemento essencial e de pouca mobilidade e disponibilidade no solo, a adubação fosfatada comumente é feita com teores acima da necessidade das culturas, excessos de adubos fosfatados carregados para os corpos hídricos têm sido relatados como

causa de eutrofização em ambientes aquáticos (SHORE et al., 2014).

O potássio trocável (K^+) é um elemento lábil no perfil do solo e essencial às plantas. A acidez interfere nas frações de K trocável e não trocável; ácidos húmicos originários da decomposição da MO e presença de Al^{3+} podem facilitar a lixiviação de K^+ , solos com maior CTC e MO tendem a melhorar a liberação sustentada da adubação potássica para o ambiente (HE e CHEN, 2013).

O alumínio trocável (Al^{3+}) aumenta a acidez e perda de nutrientes da matriz do solo ao ocupar os sítios negativos das argilas e MO, causa também fitotoxidade (LIU e XU, 2015). O valor m% expressa a saturação da CTC efetiva por íons Al^{3+} , valores elevados de Al^{3+} e m% indicam menor qualidade do solo para prática agrícola e conservação ambiental (DALCHIAVON et al., 2012).

O cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) são elementos fundamentais para os sistemas vivos, no solo diminuem a acidez e permitem a formação de estruturas responsáveis pela aeração e infiltração de água. O valor V% indica quanto da CTC do solo está ocupada por bases, valores elevados indicam que os nutrientes estão ligados à matriz do solo (CHARHOLM e SKYLLBERG, 2013).

O sódio é elemento dispersante das partículas do solo e causador de fitotoxicidade, ao ligar-se às argilas afeta a CTC do solo e à estrutura e drenagem, é expresso em porcentagem de sódio trocável (PST) indicando o risco de sodicidade para o solo (GÜLER et al., 2014; RANJBAR e JALALI, 2015).

A salinidade dada pela condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE) pode ser expressa através do grau de tolerância de cada cultura que afeta o rendimento das plantas (MASS e HOFFMAN, 1977), na escala ambiental a salinidade dos solos pode se tornar prejudicial para conservação (RANJBAR e JALALI, 2015).

Para avaliação da qualidade dos solos, técnicas estatísticas multivariadas têm sido frequentemente utilizadas na tentativa de melhor explicar a relação entre o conjunto de variáveis indicadoras (FILEP et al., 2015; GONG et al., 2015; ROJAS et al., 2016). Técnicas estatísticas de análise de correlação e regressão têm sido utilizadas para identificar modelos que permitam estimar variáveis dependentes (SHORE et al. 2014; EMAMGOLIZADEH et al., 2015; SHARMA et al., 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade agroambiental para sustentabilidade dos solos do perímetro irrigado Poção da Ribeira através de indicadores químicos do solo.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O perímetro irrigado Poção da Ribeira está localizado na unidade de planejamento do Rio das Traíras pertencente à bacia hidrográfica do Rio Vaza-Barris, entre os municípios sergipanos de Itabaiana e Areia Branca (Figura 1) elaborada com o software livre Quantum GIS 2.8.3 e dados da SEMARH (2014).

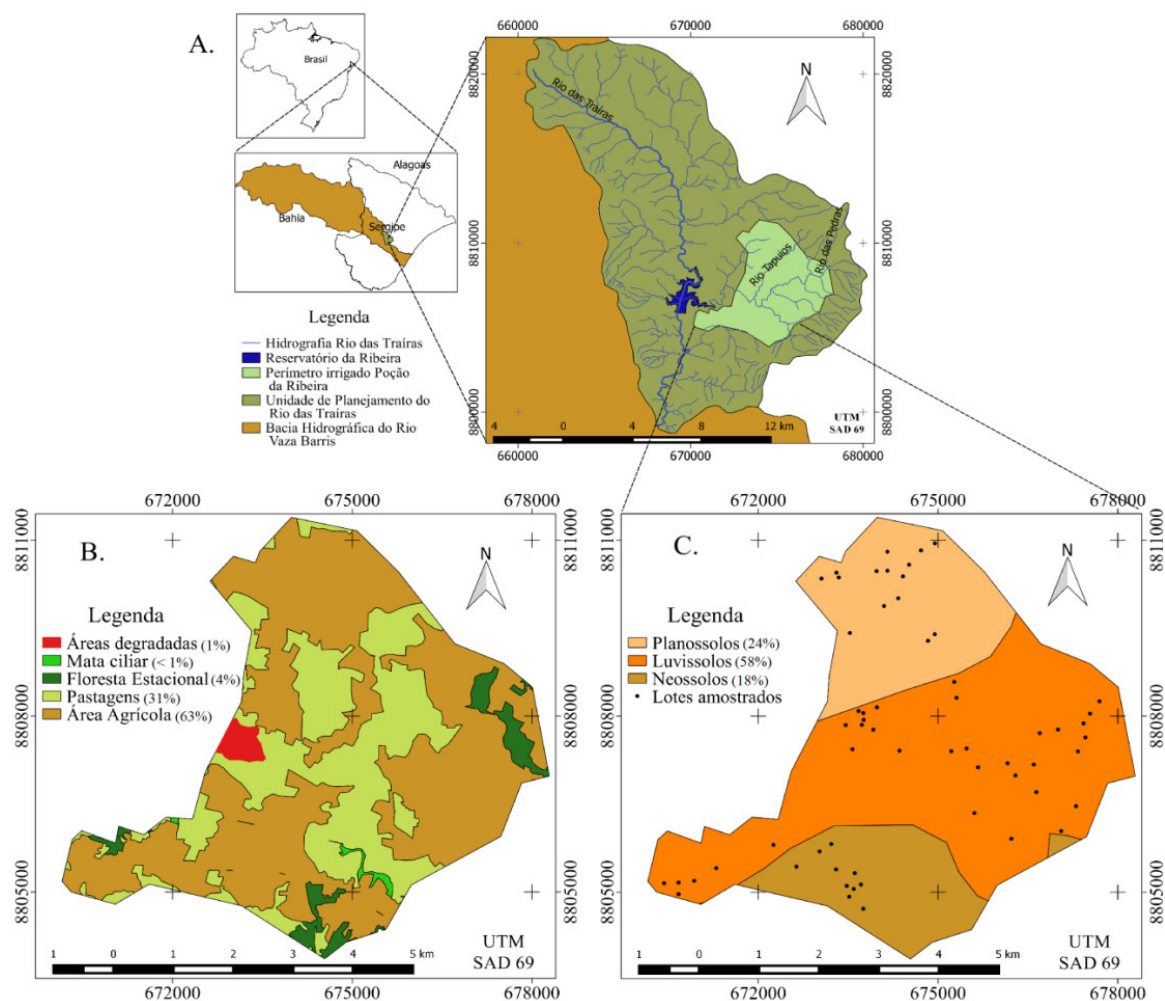


Figura 1. (A) Localização da área de estudo na UP do rio das Traíras, **(B)** Uso e cobertura do solo no perímetro irrigado Poção da Ribeira, **(C)** Classes de solos e distribuição amostral dos lotes analisados. Fonte: dados da pesquisa e dados da SEMARH (2014).

O clima local é classificado como As segundo Köppen-Geiger, com outono/inverno chuvoso e primavera/verão seco (SOUSA et al., 2010). O perímetro irrigado público Poção da Ribeira foi fundado em 1987 sem intervenção fundiária, possui cerca de 1.950 ha irrigados, divididos em 485 lotes entre sete setores e com predominância de áreas menores que 5 ha/lote. O modelo de agricultura é familiar, predominando a horticultura em sistema de microaspersão.

Predominam solos do tipo luvisolos (58%) (Figura 1C), e cobertura dos solos por áreas agrícolas (63%), com destaque para as áreas de vegetação ciliar que representam < 1% da área (Figura 1B), embora existam muitos corpos hídricos na área (SEMARH, 2014).

Para determinação do número de lotes para amostragem, utilizou-se a metodologia proposta por Carneiro Neto et al. (2008) para população finita:

$$n = \frac{(N * n_0)}{(N + n_0)} \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{(Z^2 * \pi * (1 - \pi))}{E_0^2} \quad (2)$$

Onde: N (tamanho da população): 485 lotes irrigados; Z (Intervalo de confiança): 94% (0,94); π (proporção na amostra entre elementos favoráveis e desfavoráveis): 50% (0,5); E_0 (Erro amostral tolerável): 6% (0,06); n (tamanho da amostra) (CARNEIRO NETO et al., 2008).

A amostra foi de 60 lotes, escolhidos por sorteio aleatório no software R através da função “sample” (LADEIRO, 2011; R Core Team, 2015).

Foram realizadas coletas entre agosto e outubro de 2015 nos lotes sorteados. As coletas foram realizadas à profundidade entre 0-20 cm, as amostras compostas por 15 sub-amostras retiradas em ziguezague com trado holandês na área de plantio da cultura de maior importância econômica indicada pelo agricultor. As amostras foram acondicionadas e enviadas ao laboratório de análise de solos do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) para análises químicas, utilizando-se a metodologia da Embrapa (2009) (Tabela 1).

Foram determinadas em laboratório as seguintes variáveis indicadoras de qualidade do solo: pH, matéria orgânica (MO) em dag kg⁻¹, fósforo extraível (P) em mg dm⁻³, potássio (K⁺), alumínio mais hidrogênio (H + Al), alumínio trocável (Al³⁺), cálcio mais magnésio trocáveis (Ca²⁺ + Mg²⁺) e sódio (Na⁺), todos em cmol_c dm⁻³ e a condutividade elétrica do solo através do extrato da pasta saturada (CE em dS m⁻¹). Com base nestes resultados foram calculadas as seguintes variáveis indicadoras: capacidade de troca catiônica (CTCpotencial em cmol_c dm⁻³), saturação por Al³⁺ (m%), saturação por bases (V%), porcentagem de sódio trocável (PST%) (SIQUEIRA, 2007), pelas seguintes equações:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} \quad (3)$$

$$CTC_{efetiva} = SB + Al^{3+} \quad (4)$$

$$CTC_{\text{potencial}} = SB + [H^+ + Al^{3+}] \quad (5)$$

$$m\% = (Al^{3+} * 100) / CTC_{\text{efetiva}} \quad (6)$$

$$V\% = SB * 100 / CTC_{\text{potencial}} \quad (7)$$

$$PST\% = (Na^+ * 100) / CTC_{\text{potencial}} \quad (8)$$

Onde, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Al^{3+} , $H+Al$ são expressas em $cmol_c dm^{-3}$.

A análise com base na salinidade dada pela condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CE) em $dS m^{-1}$ a $25^\circ C$ é expressa pelo rendimento relativo (Rr%) de cada cultura submetida à determinada condição de estresse salino, calculado segundo Maas & Hoffman (1977):

$$Rr\% = 100 - b(CEes - a) \quad (9)$$

Onde “a” é salinidade limiar de rendimento em $dS m^{-1}$ para dado cultivo; “b” é a pendente expressada em porcentagem de rendimento por $dS m^{-1}$, dados por Maas & Hoffman (1977). Os valores obtidos (Apêndice B) foram comparados com a tabela 1:

Tabela 1. Valores para interpretação de análise de solos para o estado de Sergipe

Variáveis indicadoras	Unidade	Classes de valores			Método de Análise ⁴
		Baixos	Médios	Altos	
pH em água ¹		< 5	5 - 6	> 6	H ₂ O
Matéria orgânica ¹	dag kg ⁻¹	< 1,5	1,5 a 3	> 3	WB (colorimétrico)
P extraível ¹	(mg dm ⁻³)	< 7	7 a 15	> 15	Mehlich-1
K ⁺ trocável ¹	(cmol _c dm ⁻³)	< 0,07	0,07 a 0,15	> 0,15	Mehlich-1
Al ³⁺ trocável ¹	(cmol _c dm ⁻³)	< 0,5	0,5 a 1	> 1	KCl
H + Al trocável ²	(cmol _c dm ⁻³)	< 2,51	2,51-5,0	> 5,0	SMP
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ trocáveis ¹	(cmol _c dm ⁻³)	< 2	2 a 4	> 4	KCl
Capacidade de Troca Catiônica (CTCp) ¹	(cmol _c dm ⁻³)	< 5	5 a 15	> 15	Eq. (4)
Saturação por Al ³⁺ (m) ¹	%	< 5	5 a 15	> 15	Eq. (6)
Saturação por bases (V) ¹	%	< 50	50 a 70	> 70	Eq. (7)
Porcentagem de sódio trocável (PST) ¹	%	< 6	6 a 15	> 15	Na ⁺ (Mehlich-1) PST: Eq. (8)
Rendimento relativo (Rr) ³	%	< 80	80 a 90	> 90	CE (condutivímetro) Rr: Eq. (9)

Adaptado de ¹Siqueira (2007), ²Alvarez V. et al. (1999), ³Mass & Hoffman (1977), ⁴Embrapa (2009).

Foi realizada análise estatística multivariada para obtenção das componentes principais, a matriz de correlação e o gráfico de dispersão entre as variáveis.

A relação matemática entre as variáveis de maior correlação foi estimada pelo gráfico de dispersão e modelo de regressão. Posteriormente foi realizada análise de cluster para avaliar a similaridade entre os lotes. Foi utilizado o software R para as análises estatísticas (R Core Team, 2015).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises revelaram que a maior parte dos lotes analisados (63%), apresentam solos com $\text{pH} > 6,0$ considerado alto, 32% médios (pH 5 a 6) e 5% baixos ($\text{pH} < 5$) (Tabela 2), evidenciando menor probabilidade de problemas relacionados à acidez do solo. Valores altos de pH do solo ($\text{pH} > 6$) também foram observados em solos sob diferentes coberturas no estado de Sergipe (GOMES et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2013). Valores médios foram observados em 58% dos solos analisados na região Agreste de Sergipe (SIQUEIRA, 2007).

Tabela 2. Distribuição da frequência % dos valores dos indicadores de qualidade do solo nos lotes analisados

Variáveis indicadoras	Unidade	Classes de valores			CV%
		Baixos	Médios	Altos	
pH em água		5	32	63	10,82
Matéria orgânica	(dag kg ⁻¹)	98	2	0	34,94
P extraível	(mg dm ⁻³)	2	3	95	100,14
K ⁺ trocável	(cmol _c dm ⁻³)	8	54	38	68,14
Al ³⁺ trocável	(cmol _c dm ⁻³)	100	0	0	70,80
H + Al	(cmol _c dm ⁻³)	100	0	0	84,81
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ trocáveis	(cmol _c dm ⁻³)	8	49	43	38,77
Capacidade de Troca Catiônica (CTCp)	(cmol _c dm ⁻³)	70	30	0	35,20
Saturação por Al ³⁺ (m)	%	95	3	2	107,87
Saturação por bases (V)	%	0	3	97	8,83
Porcentagem de sódio trocável (PST)	%	100	0	0	30,34
Rendimento relativo (Rr)	%	3	17	80	7,67

Fonte: dados da pesquisa.

A matéria orgânica (MO) apresentou valores baixos ($< 1,5$ dag kg⁻¹) em 98% dos lotes analisados e valores médios (1,5 a 3,0 dag kg⁻¹) nos 2% restantes (Tabela 2). Valores médios (58%) e altos (27%) de MO foram relatados em solos do agreste do estado de Sergipe (SIQUEIRA, 2007) em contraste com o observado nos solos analisados no perímetro Poção da Ribeira.

Guimarães et al. (2013) após analisar teores de MO em solos com diferentes coberturas no estado de Sergipe, apontaram que em solos que passam por manejo intensivo e irrigação a degradação da matéria orgânica é mais rápida que em solos com cultivo mínimo, sendo necessária incorporação constante de MO e alternativas de manejo de menor impacto, devido sua importância para conservação do solo.

A CTCp dos solos analisados apresentou valores baixos (< 5 cmol_c dm⁻³) em 70% dos lotes, e médios (5 a 15 cmol_c dm⁻³) nos 30% restantes. Situação semelhante foi observada por

para a região do agreste de Itabaiana (SIQUEIRA, 2007). Observou-se correlação positiva da CTCp com a MO (0,61) (Figuras 2A e 2B) indicando que a MO desempenha papel fundamental na sorção de íons neste sistema. Sharma et al. (2015) após testar uma equação baseado na fluorescência de raios-X portátil para determinar CTCp do solo in situ identificou que a MO do solo apresentou peso de 0,78 para composição do modelo, evidenciando a importância deste constituinte do solo para a sorção de nutrientes e metais tóxicos.

No perímetro poção da Ribeira valores baixos de CTCp estão relacionados também à composição predominantemente arenosa do solo, podendo estar relacionado também a presença argilas de baixa capacidade de retenção (EMAMGOLIZADEH et al., 2015).

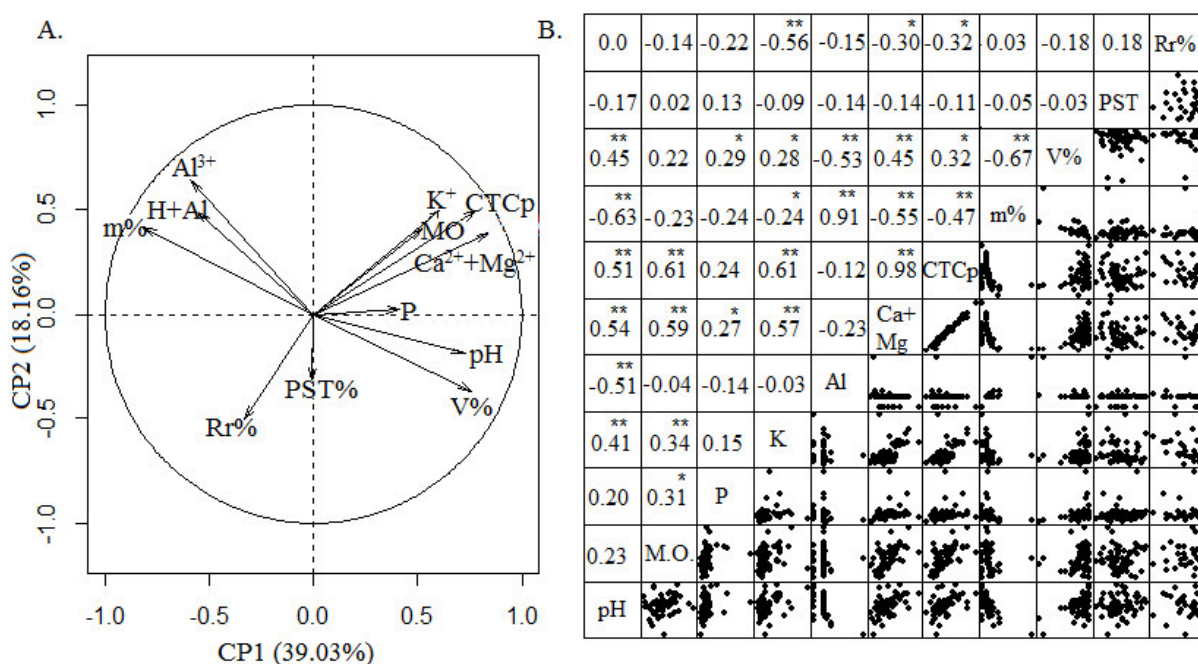


Figura 2. (A) Gráfico biplot relacionando as variáveis indicadoras e as duas primeiras componentes principais CP1 e CP2, (B) matriz de correlação linear simples e dispersão amostral entre as variáveis.

** Correlação significativa ao nível $p=0,01$ pelo teste t.

* Correlação significativa ao nível $p=0,05$ pelo teste t. Fonte: dados da pesquisa.

Para análise de fósforo (P) extraível neste estudo não foi considerada sua relação com a presença de argila devido à insuficiência de dados sobre textura do solo por lote. Os resultados apontam que 95% dos lotes apresentaram valores altos de fósforo ($P > 15 \text{ mg dm}^{-3}$), 3% médios (P entre 7 e 15 mg dm^{-3}) e 2% baixos ($P < 7 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 2).

Embora seja elemento essencial para as plantas e de baixa disponibilidade natural no estado de Sergipe (SIQUEIRA, 2007), os valores altos de P observados nos solos analisados podem oferecer riscos de poluição e eutrofização para ecossistemas aquáticos, principalmente quando evidenciados teores baixos de MO e da CTCp do solo (Tabela 2) impossibilitando a retenção da adubação fosfatada e liberação gradativa dos adubos incorporados

(CHAKRABORTY et al., 2011; ABDALA et al., 2012).

No Brasil, diferentemente de outros países o uso de adubação fosfatada em excesso incluindo-se a de adubos orgânicos não é legalmente controlada por não ser considerado um potencial poluente (ABDALA et al., 2012; SHORE et al., 2014).

Do ponto de vista agrônomo, a adubação fosfatada em excesso não é recomendada para culturas folhosas devido aos efeitos fisiológicos deste nutriente promovendo a maturidade vegetativa e frutificação, fato que pode ser prejudicial para a agricultura do perímetro Poção da Ribeira onde as produções de alface, cebolinha, coentro e rúcula são expressivas (ZUCARELI et al., 2011).

Em relação ao potássio trocável (K^+) foi observado que 54% dos lotes analisados apresentam teores médios (0,07 a 0,15 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e 38% valores altos ($> 0,15 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), evidenciando um manejo do solo com elevada adubação neste sistema agrícola, situação semelhante foi observada por Siqueira (2007) no agreste do estado de Sergipe onde o potássio não é um elemento de ocorrência natural.

A detecção de valores médios e altos de K^+ trocável pode estar relacionada à sorção dos adubos pelas argilas e MO do solo, que apresentou correlação de 0,61 entre K^+ e CTCp (Figura 2B), este fator pode ter considerável influência sobre a lixiviação do excesso da adubação potássica (HE e CHEN, 2013).

Observou-se correlação negativa entre Rr% e K^+ (-0,56) indicando que este cátion tem elevada contribuição para salinidade neste sistema, provavelmente devido a adubação excessiva com o sal cloreto de potássio (KCl) cujo índice salino varia entre 109,4 a 116,3 entre as concentrações de 50% a 63% considerado elevado (AYERS e WESTCOT, 1994; HE e CHEN, 2013).

Considerando os efeitos da salinidade dada pela CEes do solo sobre a produtividade das culturas citadas como de maior importância econômica em cada lote, verificou-se que o rendimento relativo (Rr%) foi considerado alto ($> 90\%$) em 80% dos lotes, médio (80 a 90%) em 17% e baixo ($< 80\%$) em 3% dos lotes analisados. Este fato nos indica que os solos não apresentam salinidade que cause efeitos de redução significativa no rendimento das culturas, que são consideradas como muito sensíveis segundo Maas e Hoffman (1977).

Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são aqui representados juntos seguindo a padronização utilizada na apresentação destes resultados (SIQUEIRA, 2007). Observa-se que a soma dos elementos apresentou distribuição de 49% dos lotes para a classe médio (2 a 4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), 43% para a classe altos ($> 4 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e 8% para classe baixo ($< 2 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

A correlação entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e CTCp foi de 0,98 (Figura 2B), indicando a influência

destes cátions no sistema de troca do solo. Os valores de correlação também se mostram altos e positivos para (K^+ , MO e pH), e negativos para (m%) (Figura 2B). Valores observados por Siqueira (2007) para o Agreste de Sergipe identificou valores baixos e médios na maioria dos solos, indicando que neste sistema a correção da acidez pode ser uma prática frequente. Ca^{2+} e Mg^{2+} têm sido incorporados aos solos principalmente por práticas de correção de acidez permanecendo adsorvidos à matéria orgânica do solo, no entanto, ao passo que a MO é degradada a liberação de ácidos orgânicos promove a complexação destes cátions elevando o pH dos solos, como observado no perímetro da Ribeira (CHARHOLM e SKYLLBERG, 2013).

A figura 3 estima a equação de regressão entre as variáveis $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e CTC_p , com maior correlação linear simples e com distribuição normal pelo teste de Shapiro-wilk, apresentando bom ajuste do modelo dado por $R^2 = 0,95$.

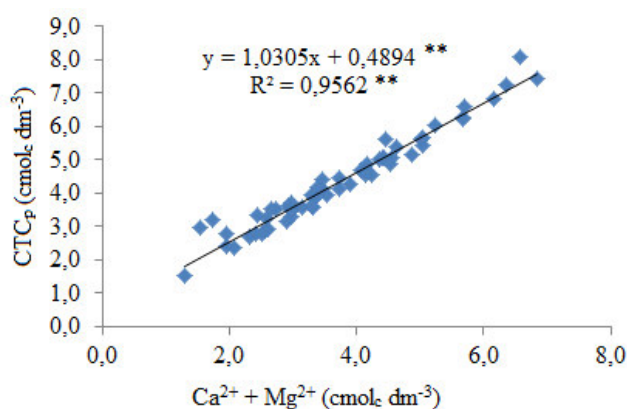


Figura 3. Gráfico de dispersão e regressão entre as variáveis: cálcio + magnésio x CTC potencial.

** Significativo ao nível $p=0,01$. Fonte: dados da pesquisa.

Foram observados valores baixos de Al^{3+} trocável em 100% dos lotes, indicando baixa possibilidade de acidez e fitotoxidade. Valores baixos também foram observados por Siqueira (2007) em 84% dos solos do agreste de Sergipe. Observou-se correlação negativa (- 0,53) entre V% e Al^{3+} como esperado.

Situação semelhante foi observada para a saturação por alumínio (m%) que apresentou valores baixos (< 5%) em 95% dos lotes, em 3% valores médios (5 a 15%) e altos em 2% dos lotes (> 15%), o que corrobora os valores baixos observados de m% em 98% dos solos no agreste de Sergipe por Siqueira, (2007). A correlação observada entre m% e Al^{3+} foi de 0,92 (Figura 2B). Valores baixos de m% pode ter relação com a complexação orgânica por compostos solúveis presentes nos resíduos vegetais incorporados ao solo (DALCHIAVON et al., 2012)

A saturação da CTC por bases (V%) apontou que os valores são considerados altos (> 70%) em 97% dos lotes e médios (50 a 70%) nos 3% restantes, indicando que embora a CTC dos solos seja baixa, a fração disponível está saturada por bases e oferece condições mínimas para a agricultura e crescimento vegetal (CHARHOLM e SKYLLBERG, 2013). Estando predominantemente saturada por Ca^{2+} e Mg^{2+} correlação (0,45) (Figura 2B).

Em relação à porcentagem de sódio trocável (PST%), verificou-se que 100% dos lotes apresentaram valores baixos ($\text{PST} < 6\%$), indicando que os solos do perímetro Poção da Ribeira não se encontram sob efeito de sodificação, este fato pode estar relacionado ao excesso de irrigação que promove lixiviação do sódio (RANJBAR e JALALI, 2015).

A lixiviação de sódio para os corpos hídricos da área de drenagem natural do perímetro irrigado pode levar à reincorporação do sódio aos solos pelo uso da água do reservatório na irrigação, podendo torna-se problemático futuramente (GÜLLER et al., 2014).

A análise do gráfico biplot relacionando a duas primeiras componentes principais CP1 e CP2 (Figura 2A) apontam que as variáveis mais correlacionadas positivamente com a CP1 foram ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{CTCp} > \text{pH} > \text{V\%} > \text{K}^+ > \text{MO} > \text{P}$) e para CP2 foram ($\text{Al}^{3+} > \text{Al}^{3+} + \text{H}^+ > \text{K}^+ > \text{CTCp}$).

A CP1 explica sozinha 40% da variância do conjunto de dados, as variáveis mais correlacionadas a ela são mais eficientes para descrever a qualidade dos solos analisados (ROJAS et al., 2016). O Al^{3+} , m% e $\text{H} + \text{Al}$ são as variáveis que melhor se correlacionam com a CP2 (Figura 2A), no entanto apresentou correlação baixa ou negativa com as demais, isto demonstra que a acidez dos solos é um elemento secundário para a qualidade do solo.

Foi realizada análise de agrupamento hierárquico (cluster) entre os lotes (figura 4) com base nos dados (Apêndice B) padronizados das variáveis da tabela 1 pelo método de Ward e distância euclidiana, dando origem a 16 clusters selecionados pela linha fenon com base na distância euclidiana média (4,38) (BOUROCHE e SAPORTA, 1972).

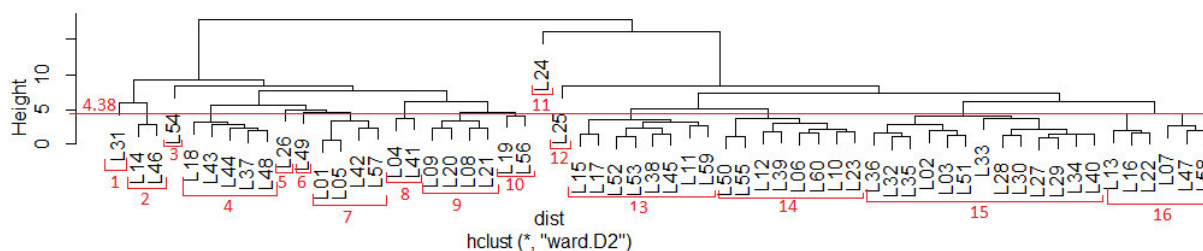


Figura 4. Clusters pelo método de Ward com base na distância euclidiana para avaliar similaridade entre os lotes. Fonte: dados da pesquisa.

Os lotes em cada cluster foram igualmente marcados em uma planilha de cálculo e analisados através da classificação crescente e decrescente de cada variável para verificar a

existência de características de dominância de algum indicador para caracterização dos agrupamentos.

Após análise dos dados verificou-se a formação dos clusters 1, 3, 5, 6, 11 e 12 por lotes isolados (Figura 4). O cluster 1 apresentou o maior teor de K^+ entre as amostras ($0,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e valor elevado de CEes ($2,87 \text{ dS m}^{-1}$). O cluster 3 destacou-se por apresentar o lote com maior teor de P na amostra (810 mg dm^{-3}).

O cluster 5 apresentou o segundo maior valor de MO ($1,46 \text{ dag kg}^{-1}$). O cluster 6 apontou o maior valor de PST% (4,70) na amostra. O cluster 11 indicou os maiores valores de m% (16,71%) e Al+H ($1,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e menor pH observado (4,09) entre as amostras. O cluster 12 apontou o menor valor de V% (58,06), valor elevado de Al+H ($1,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e segundo menor valor de CEes ($1,50 \text{ dS m}^{-1}$) (Apêndice B).

A análise dos clusters por lotes isolados permitiu verificar a existência de efeito salino relacionado aos valores de K^+ e V% elevados na amostra, possivelmente devido à adubação com KCl e os efeitos da presença de sais de Ca^{2+} e Mg^{2+} (HE e CHEN, 2013).

Os clusters 2, 8 e 10 foram formados por dois lotes cada. O cluster 2 apontou lotes com valores similares de Al+H altos e baixos valores de pH. O cluster 8 apresentou lotes com menores valores de m%, maiores valores de $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, CTCp, V% (L41) e de MO (L04) na amostra. O cluster 10 indicou o segundo e terceiro maiores valores de P, teores similares e elevados de MO e baixos de Al+H.

Os clusters formados por dois lotes permitiram confirmar a relação antagônica entre a acidez potencial (Al+H), m% e baixos valores de pH com a manutenção da fertilidade do solo, apontando também a importância da MO sobre a retenção do P (GUIMARÃES et al., 2013).

Os demais clusters formados por mais de dois lotes foram o 4, 7, 9, 13, 14, 15 e 16. O cluster 4 apresentou lotes com maiores valores de pH (> 6), valores altos e similares de P, K^+ e V%, médios de CTCp e baixos de Al+H. O cluster 7 apresentou valores similares e altos de $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e baixos de MO. O cluster 9 apresentou valores altos de CEes, $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e pH, valores médios de CTCp e baixos de Al e m%.

O cluster 13 apresentou menores valores de PST% (L11) e CEes (L52) e valores similares médios de MO, CTCp e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, confirmando teores baixos de sódio que causassem efeitos de salinidade e sodicidade nos solos analisados.

O cluster 14 indicou valores médios e similares de K, CTCp e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, valores baixos de Al+H e altos de V% (95,14 – 96,85%). O cluster 15 apresentou valores baixos de K^+ , Al^{3+} , Al+H, CTCp, m%, V% e CEes, valores altos de Rr% e P e médios de pH e

$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. O cluster 16 apontou os menores valores de MO e CTCp e teores elevados de Al^{3+} , confirmando a importância da MO para a CTCp dos solos analisados e a correlação negativa com a acidez (SHARMA et al., 2015; HAIDI et al., 2016).

3.4 CONCLUSÕES

1. A fertilidade dos solos analisados se mostrou adequada para a finalidade agrícola, porém, para a qualidade ambiental se observou riscos de contaminação dos corpos hídricos por excesso de adubação fosfatada e potássica.

2. Os valores médios e altos de pH, V%, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ apontam que a correção da acidez do solo é uma prática frequente neste sistema que contribui como medida de conservação química.

3. Os teores baixos de MO no solo apontam para práticas de manejo insustentáveis e para a necessidade de incorporação deste constituinte no solo além de melhorias no manejo de preparo do solo e uso de irrigação, melhorando as condições para agricultura e conservação.

4. Não foi observada salinidade capaz de afetar significativamente o rendimento das culturas e conservação dos solos que possa ser ocasionada pela irrigação, porém, se observou que a adubação potássica é o principal elemento que interfere na salinidade e rendimento das culturas neste sistema.

REFERÊNCIAS

ABDALA, D. B. et al. Phosphorus saturation of a tropical soil and related P leaching caused by poultry litter addition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 162, p. 15-23, 2012.

ALVAREZ V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. P. 30-35.

AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 3ª. ed. Rome: FAO, 1994. 174p. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCRp/003/T0234e/T0234e00.htm>>. Acesso em: 15/11/2015.

BOROUCHÉ, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar, 1972. 116 p.

CARNEIRO NETO, J. A. et al. Índice de sustentabilidade agroambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1272-1279, 2008.

CHAKRABORTY, D.; NAIR, V. D.; CHRYSOSTOME, M.; HARRIS, W. G. Soil phosphorus storage capacity in manure-impacted Alaquods: Implications for water table management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 142, n. 3-4, p. 167-175, 2011.

CHARHOLM, M.; SKYLLBERG, U. Translocation of metals by trees and fungi regulates pH, soil organic matter turnover and nitrogen availability in acidic forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 63, p. 142-153, 2013.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Spatial variability of the fertility attributes of Dystrophic Red Latosol under a no-tillage system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

EMBRAPA - Embrapa Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p.

EMAMGOLIZADEH, S. et al. Estimation of soil cation exchange capacity using Genetic Expression Programming (GEP) and Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). **Journal of Hydrology**, v. 529, part. 3, p. 1590-1600, 2015.

FILEP, T. et al. The dissolved organic matter as a potential soil quality indicator in arable soils of Hungary. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 7, p. 1-12, 2015.

GOMES, J. B. V. et al. Calcareous soils in the Northeastern of Brazil: Alterations of attributes from different land use history. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 27-94, 2016.

GONG, L.; RAN, Q.; HE, G.; TIYIP, T. A. A soil quality assessment under different land use types in Keriya river basin, Southern Xinjiang, China. **Soil & Tillage Research**, v. 146, B, p. 223-229, 2015.

GUIMARÃES, D. V. et al. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, v. 126, p. 177-182, 2013.

GÜLER, M. et al. Long-term changes in spatial variation of soil electrical conductivity and exchangeable sodium percentage in irrigated mesic ustifluvents. **Agricultural water management**, v. 135, p. 1-8, 2014.

HAIDI, J.; TOURNASSAT, C.; LEROUGE, C. Pitfalls in using the hexaamminecobalt method for cation exchange capacity measurements on clay minerals and clay-rocks: Redox interferences between the cationic dye and the sample. **Applied Clay Science**, v. 119, 2, p. 393-400, 2016.

HE, W.; CHEN, F. Evaluating status change of soil potassium from path model. **Plos one**, v. 8, n. 10, p. 1-15, 2013.

LADEIRO, V. L. **Introdução ao uso do programa R**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2011. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/doc/contrib/Landeiro-Introducao.pdf>>. Acesso em: 25/11/2015.

LIU, R.; LAL, R. A Laboratory Study on Amending Mine Soil Quality. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 224, n. 9, p. 1-17, 2013.

- LIU, Y.; XU, R. The forms and distribution of aluminum adsorbed onto maize and soybean roots. **Journal of Soils and Sediments**, v. 15, n. 3, p. 491-502, 2015.
- MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 2, pp. 115-134, 1977.
- MELO, A. S. et al. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <URL <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15/01/2016.
- RANJBAR, F.; JALALI, M. The effect of chemical and organic amendments on sodium exchange equilibria in a calcareous sodic soil. **Environmental Monitoring and Assessment**. V. 187, n. 11, p. 1-21, 2015.
- RODRÍGUEZ, E. et al. Dynamic Quality Index for agricultural soils based on fuzzy logic. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 678-692, 2016.
- ROJAS, J. M. et al. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 250-262, 2016.
- SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**, 1 Pendrive, color, 2014.
- SHARMA, A. et al. Characterizing soils via portable X-ray fluorescence spectrometer: 4. Cation exchange capacity (CEC). **Geoderma**, v. 239-240, p. 130-134, 2015.
- SHORE, M. et al. Evaluating the critical source area concept of phosphorus loss from soils to water-bodies in agricultural catchments. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 405-415, 2014.
- SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.
- SIQUEIRA, O. J. W. de. Diagnóstico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In: SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. p. 49-79.
- SOUSA, I. F. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 6, p. 633-644, 2010.
- XIAO, K.; YU, L.; XU, J.; BROOKES, P. C. pH, nitrogen mineralization, and KCl-extractable aluminum as affected by initial soil pH and rate of vetch residue application: results from a laboratory study. **Journal of soil and sediments**, v. 14, n. 10, p. 1513-1525, 2014.
- ZUCARELI, c.; PRANDO, A. M.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.

4. ARTIGO III: PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE PARA O PERÍMETRO IRRIGADO POÇÃO DA RIBEIRA EM SERGIPE.

RESUMO

Diante do panorama atual de mudanças climáticas e escassez de recursos hídricos, adaptações por modos de vida mais sustentáveis se tornaram uma questão de sobrevivência. Modelos agrícolas de manejo intensivo como do perímetro irrigado Poção da Ribeira em Sergipe, Brasil, precisam se adaptar à condição sustentável. No entanto, definições práticas de mensuração e quantificação dos graus de sustentabilidade que envolva aspectos sociais, ambientais e econômicos ainda são escassas, sendo o uso de indicadores uma das formas mais promissoras na atualidade. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a condição de sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da Ribeira, através de indicadores ambientais, sociais e econômicos. O estudo foi realizado com sessenta agricultores irrigantes através de entrevistas e análises químicas de solos, aplicando-se a técnica multivariada análise fatorial/componente principal para redução da dimensão das variáveis e criação de um índice de sustentabilidade composto. Os resultados apontaram que a baixa capacidade de ação social, consumo, qualidade do sistema produtivo, manejo de recursos naturais, agricultura comercial e segurança são os principais fatores que influenciam o sistema. O cálculo geral do índice apontou que o perímetro irrigado encontra-se em situação de sustentabilidade comprometida. Concluiu-se que a superação da individualidade pela organização social, a adoção de práticas conservacionistas do solo, o tratamento sanitário da água, redução e eficiência no consumo da água para irrigação, o abandono do uso de agrotóxicos, a implantação de serviços públicos de assistência técnica rural, educação e capacitação profissional técnica rural, segurança pública e monitoramento de água e solo, são necessidades que podem melhorar a situação atual e consequente busca à condição de sustentabilidade ideal.

Palavras-Chave: Indicadores de sustentabilidade, análise multivariada, agricultura irrigada.

ABSTRACT

Front the current scenario of climate change and water scarcity, adaptations to more sustainable modes of life became a matter of survival. Intensive managements of agricultural models as in the Poção da Ribeira irrigated perimeter in Sergipe, Brazil, need if to adapt at sustainable condition. However, definitions to measure and quantify the sustainability degrees that involve social, environmental and economic aspects are still scarce, and the use of indicators is one of the most promising ways in actuality. Thus, the objective of this study was to evaluate the condition of sustainability of irrigated Poção da Ribeira perimeter, through environmental, social and economic indicators. The study was carried with sixty irrigators through interviews and chemical analyses soils, applying techniques multivariates of the factor analysis and principal components to reduce the size of the variables and creating a compound index of sustainability. The results indicate that the low capacity of social action, consumption, quality of the productive system, natural resource managing, commercial agriculture and the public security are the main factors influencing the system. The overall calculation of the index indicated that the irrigated perimeter lies in compromised sustainability situation. It was concluded that overcoming individuality by social organization, the adoption of soil conservation measures, sanitary treatments of water, reduction and efficient use of water for irrigation, the abandonment of the use of pesticides, the implementation of public assistance services rural technical, education and rural technical professional training, public safety, monitorament of water and soil , are needs that can improve the current situation and the consequent search for ideal sustainability condition.

Keywords: sustainability indicators, multivariate analysis, irrigated agriculture.

4.1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem sido citada como a responsável por consumir cerca de 70% da água utilizada no mundo (FAO, 2013), diante do panorama de mudanças climáticas, em que se tem questionado os padrões atuais de consumo e poluição, a abordagem ambiental necessita da incorporação de fatores socioeconômicos relacionados à adaptação através da gestão sustentável (IGLESIAS e GARROTE, 2015).

No Brasil o agronegócio responde por 23% do PIB interno do País (BRASIL, 2014). Ao nível global os incentivos governamentais têm sido pautados em aumento da produção, porém, pouco se tem conhecido sobre a sustentabilidade dos modelos de agricultura praticados e a busca por alcançá-la como um dos objetivos de desenvolvimento do milênio pactuados na Rio +20 (SELOMANE et al., 2015).

A adaptação para modelos de agricultura sustentável requer avaliações sobre os cenários atuais, que ultrapassem a abordagem clássica de maximização de lucros e considere o equilíbrio entre produção econômica e serviços ambientais e sociais da agricultura (GUTZLER et al., 2015).

A sustentabilidade de sistemas agrícolas tem sido mensurada por meio de indicadores ambientais, sociais e econômicos (GOMÉZ-LIMÓN e RIESGO, 2009; GUTZLER et al., 2015; ZAHNG et al., 2016). A seleção e mensuração de indicadores devem basear-se no contexto espaço-temporal através de indicadores representativos de cada sistema, e sua mensuração na escala adotada deve estar relacionada aos padrões técnicos e legais ao nível local e regional (SINGH et al., 2009).

Na definição de indicadores representativos, métodos que envolvam algum nível de participação social como o *marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sostenibilidad* (MESMIS) permitem a identificação de pontos críticos do sistema e a seleção participativa de indicadores (LÓPEZ-RIDAURA et al., 2002; GENG et al., 2014).

Devido à complexidade para análise de grande número de variáveis, indicadores compostos têm sido utilizados para resumir as condições de sustentabilidade analisadas, aplicando-se a criação de índices (GOMÉZ-LIMÓN e SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010).

Técnicas estatísticas para análise de indicadores e construção de índices de sustentabilidade foram relatadas em diferentes trabalhos: análise hierárquica de processos – AHP (SAATY, 2008; GOMÉZ-LIMÓN e SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010), análise multivariada fatorial/componente principal (CARNEIRO NETO et al., 2008; GOMÉZ-

LIMÓN e RIESGO, 2010), lógica fuzzy (RODRIGUEZ et al., 2016).

A técnica multivariada baseada na extração das componentes principais ou fatores permite a redução da dimensão e atribuição de pesos para ponderação dos indicadores selecionados com base na correlação entre as variáveis, diminuindo-se o efeito subjetivo de ponderação (LOPES et al., 2009; HAILESLASSIE, 2016).

Em sistemas agrícolas irrigados de produção intensiva, como o perímetro irrigado Poção da Ribeira (MELO et al., 2009), indicadores ambientais estão fortemente relacionados às condições de qualidade de água e solo, consumo de água e práticas agrícolas voltadas para maximização do rendimento com uso de adubação sintética e agrotóxicos, relatadas por afetar a qualidade dos solos e exercerem pressão sobre áreas de vegetação natural e prioritárias, e gerarem contaminação e doenças (HUANG et al., 2015; SINGH, 2015).

Indicadores Sociais abordam dimensões complexas, variam de acordo com características culturais e podem estar intimamente relacionados com questões econômicas e ambientais (GOMÉZ-LIMÓN e SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010). No entanto, se tem admitido que sustentabilidade social requeira coesão social permitindo organização em prol de objetivos comuns, além do suprimento das necessidades básicas individuais sob a gestão responsável do Estado para estabelecer igualdade em prestação de serviços aos cidadãos (MOLDAN et al., 2012).

A dimensão econômica da sustentabilidade pode ter uma concepção confusa e por vezes desconectada da dimensão ambiental. A expectativa atual de crescimento econômico leva inevitavelmente ao consumo, no entanto, a base do entendimento sustentável considera que ele deve ser feito de forma lenta para garantir a manutenção das reservas para o futuro (MOLDAN et al., 2012).

Alguns pesquisadores tem compreendido que a sustentabilidade econômica deve pautar-se não apenas no acesso aos recursos e bens de consumo, mas também na organização para uso eficiente dos recursos evitando perdas e desperdícios, fato que é inviabilizado sem o devido planejamento e organização das finanças (FRANCO et al., 2010; GOMÉZ-LIMÓN e SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010). A necessidade de aprofundamento das metodologias de análise da sustentabilidade requer estudos para se alcançar uma estruturação conceitual mais clara (SINGH, 2015).

O objetivo deste trabalho foi propor o uso de indicadores de sustentabilidade para o monitoramento do perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe, através de um índice de sustentabilidade composto por indicadores ambientais, sociais e econômicos e análise multivariada.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O perímetro irrigado Poção da Ribeira está localizado entre os municípios de Itabaiana e Areia Branca no estado de Sergipe, é dividido em sete setores correspondentes às localidades com núcleos populacionais (Figura 1) elaborada com dados da pesquisa e da SEMARH (2014) através do software livre Quantum GIS 2.8.1.

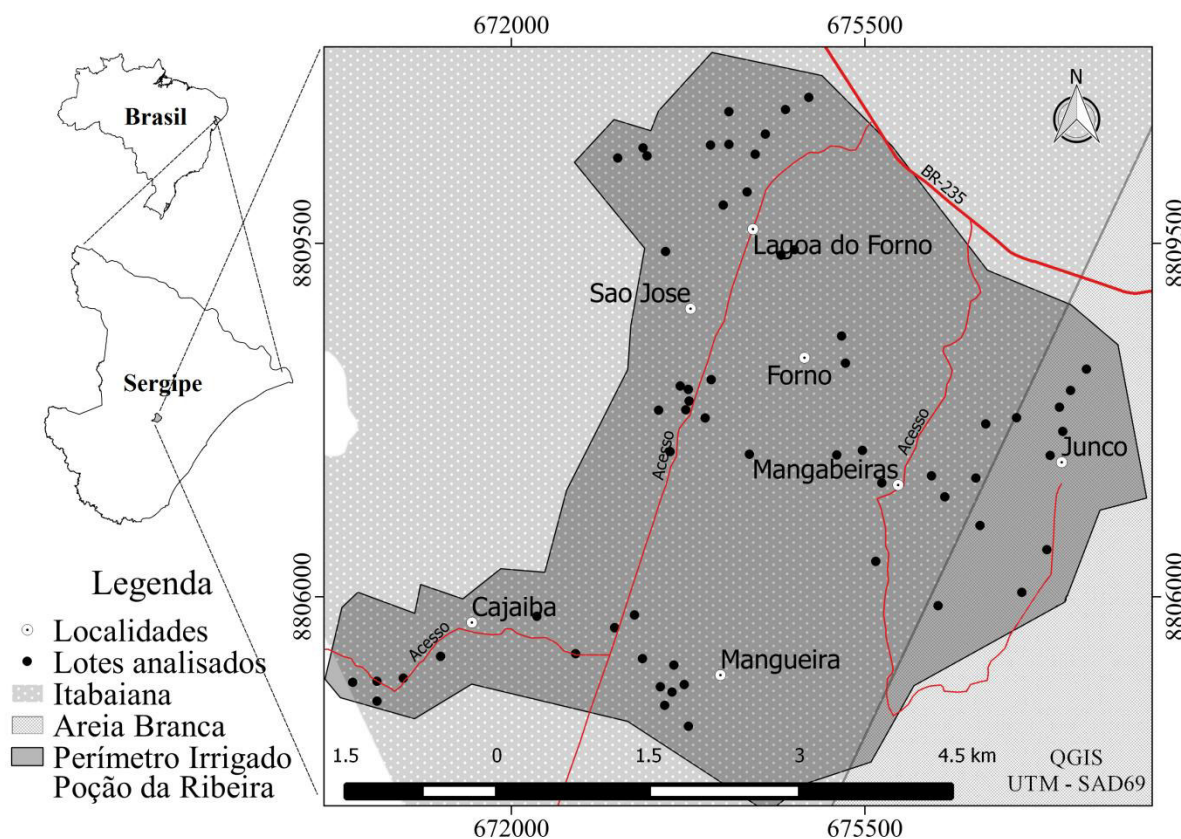


Figura 1. Localização dos núcleos populacionais e lotes analisados.
Fonte: dados da pesquisa e dados da SEMARH (2014).

O perímetro ocupa uma área de 1.950 ha irrigados dividida em 485 lotes com área média de 5 (cinco) ha lote⁻¹. Foi fundado em 1987 sem intervenção fundiária e encontra-se sobre a gestão do Governo do Estado de Sergipe através da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO).

O clima para a região é do tipo As segundo Köppen, marcado por outono-inverno chuvosos e primavera-verão secos (SOUSA et al., 2010).

A agricultura é predominantemente familiar segundo a Lei Federal Nº 11.326/06 (BRASIL, 2006), baseada na horticultura irrigada com água captada por bombeamento do reservatório da Ribeira e sistema de microaspersão.

O tamanho da amostra representativa da população finita a ser analisada foi

determinada aplicando-se as equações utilizadas por Carneiro Neto et al. (2008):

$$n = \frac{(N \cdot n_0)}{(N + n_0)} \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{(Z^2 \cdot \pi \cdot (1 - \pi))}{E_0^2} \quad (2)$$

Onde: N (tamanho da população): 485 lotes irrigados; Z (Intervalo de confiança): 94% (0,94); π (proporção na amostra entre elementos favoráveis e desfavoráveis): 50% (0,5); E₀ (Erro amostral tolerável): 6% (0,06); n (tamanho da amostra) (CARNEIRO NETO et al., 2008). A população determinada foi de 55 lotes, no entanto, foram avaliados 60 lotes para redução do erro amostral.

Os lotes em funcionamento foram identificados e sorteados aleatoriamente através da função “sample” no software estatístico R (LADEIRO, 2011; R Core Team, 2015).

Nos quatro primeiros setores foram sorteados aleatoriamente nove lotes em cada um, e nos três setores restantes oito lotes em cada. Após a seleção dos lotes foi aplicada uma adaptação da metodologia baseada no *Marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad* (MESMIS), utilizando-se participação por consulta e auto avaliação do sistema (FRANCO et al., 2012; GENG et al., 2014).

Foi realizado um levantamento rápido, no qual foram entrevistados individualmente 15 agricultores irrigantes aos quais se teve acesso imediato entre as localidades, seguindo-se a metodologia de amostragem não probabilística por conveniência (ALENCAR, 1999), em que foi solicitado que apontassem cinco pontos positivos e cinco pontos negativos observados no perímetro. A mesma metodologia foi aplicada a seis técnicos do corpo local da COHIDRO. Conjuntamente foi realizada uma atividade de caminhada transversal acompanhada do gestor do perímetro para observação da área (ANYAEGBUNAM et al., 2008).

As atividades anteriores tiveram por objetivo identificar pontos críticos do sistema e a definição de indicadores representativos (SINGH et al., 2012). Foram citados e observados os pontos relacionados à segurança pública, assistência técnica e extensão rural, conflitos sobre o consumo de água na irrigação, usos de agrotóxicos, baixa escolaridade, inexistência de áreas protegidas, baixa qualidade sensorial da água de irrigação, dificuldades na comercialização, autonomia no trabalho, independência habitacional e financeira e acesso a bens de consumo, definidos como pontos chaves para composição dos indicadores.

Com base nestas etapas e informações foi elaborado um questionário do tipo cross-section, com algumas perguntas abertas, com base nos aspectos mensurados (Quadro 1),

atribuindo-se valores para cada questão numa escala de [0-100] que varia da insustentabilidade à sustentabilidade, respectivamente, com referência em critérios jurídicos e técnicos que norteiam cada tema (Quadro 1), (Apêndice A).

O indicador qualidade química dos solos para a agricultura foi determinado por valores quali-quantitativos transformados para escala de sustentabilidade adotada com base nos intervalos padrões de fertilidade, salinidade, sodicidade, acidez e matéria orgânica, com metodologia adaptada de Meireles et al. (2011) (Apêndices C e D).

Quadro 1. Indicadores selecionados para mensuração da sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe

Indicadores		Aspectos mensurados pelo questionário	Referências para escala de sustentabilidade
Ambientais	Qualidade química do solo	Análise de fertilidade, salinidade, acidez, sodicidade, matéria orgânica.	Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991); Siqueira (2007); Alvarez V. et al. (1999); Mass & Hoffman (1977).
	Uso de Agroquímicos	Adequação técnica e legal, proteção à saúde, embalagens, orientação técnica.	Lei Federal Nº 7.802/89 (BRASIL, 1989); Decreto Nº 4.074/2002 (BRASIL, 2002).
	Monitoramento de água e solo	Qualidade sensorial da água, frequência na análise de solos, erosão, improdutividade.	Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005); Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009).
	Consumo de água na irrigação	Uso com critérios técnicos, controle do consumo, falta de água, economia e medidas de redução do desperdício.	Lei Federal Nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997); Lei Federal Nº 12.787/2013 (BRASIL, 2013).
	Áreas Protegidas	Conhecimento da situação legal do lote sobre a reserva legal, extrativismo, pesca e caça, vegetação ciliar.	Lei Federal Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012); Lei Federal Nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998).
Sociais	Serviços públicos	Acesso à eletricidade, água, saneamento básico, saúde, transporte, assistência técnica rural.	Constituição Federal (BRASIL, 1988); Lei Federal Nº 12.188/2010 (BRASIL, 2010).
	Organização social	Participação em cooperativismo, associativismo, ações efetivas das organizações.	Lei Federal Nº 11.326/06 (BRASIL, 2006); Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991).
	Segurança	Policiamento público, vitimação, sensação de insegurança, abandono da atividade.	Constituição Federal (BRASIL, 1988); Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991).
	Educação	Escolaridade, cursos para o produtor, ensino local, alfabetização, creche, transporte escolar, educação técnica para o campo.	Lei Federal Nº 9.394/96 (BRASIL, 1996); Decreto Nº 7.352/2010 (BRASIL, 2010).
Econômicos	Planejamento econômico	Planejamento familiar, perpetuação da atividade, mão de obra, estimativa de riscos.	Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991); Lei Federal Nº 11.326/06 (BRASIL, 2006).
	Organização de finanças	Renda, lucro, diversificação da produção, uso de crédito, endividamento, outras atividades.	Constituição Federal (BRASIL, 1988); Lei Federal Nº 11.326/06 (BRASIL, 2006).
	Produção e comercialização	Perdas de produtos, armazenamento, atravessador, justiça nos preços, venda para a alimentação escolar.	Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991); Lei Federal 11.947/2009 (BRASIL, 2009).
	Bens de consumo	Acesso à moradia, veículo, eletrodomésticos, alimentação, vestimentas, lazer, condições de trabalho.	Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Fonte: dados da pesquisa.

A pesquisa foi submetida ao comitê de ética, na Plataforma Brasil, sob o nº 48366915.4.0000.5546 e aprovado através do parecer nº 1.286.999 (Apêndice A). Os questionários foram aplicados ao responsável pelos lotes entre os meses de setembro e novembro de 2015.

O valor de cada indicador foi calculado pela média aritmética das questões ou sub-indicadores que o compõe, dando origem a uma matriz de dados com 14 colunas (variáveis ou indicadores) e 60 linhas (casos ou lotes) (Apêndice C).

Para validação da adequação dos dados para a análise fatorial/ componente principal (AF/CP) foi aplicado no software R os testes de normalidade multivariada de Mardia pelo pacote estatístico “MVN”, admitindo-se valores de assimetria e curtose p-value > 0,05 (LAROS, 2005; KORKMAZ et al., 2014).

Os testes de Kayser Mayer Olkim (KMO), admitindo-se apenas valores de KMO > 0,5 (CARNEIRO NETO et al., 2008) e de esfericidade de Bartlett inferiores ao p-value < 0,05 ambos pelo pacote estatístico “REdaS” (MAIER, 2015), (Apêndice E).

A extração das componentes principais ou fatores (P_n), a matriz de cargas fatoriais rotacionada pela função “varimax”, os autovalores das componentes e as comunalidades foram realizadas pela função “principal” do pacote estatístico “psych” (REVELLE, 2015).

Foram selecionadas apenas as componentes ou fatores com autovalor (F_n) superior a um, que possuem a capacidade de explicar a variância de forma mais eficiente (LOPES et al., 2009). Posteriormente foram calculados os pesos para cada variável indicadora (CARNEIRO NETO et al., 2008):

$$p_i = \frac{(F_1 \times P_1) + (F_2 \cdot P_2) + (F_n \cdot P_n) \dots}{\left(F_1 \cdot \sum_1^n P_1\right) + \left(F_2 \cdot \sum_1^n P_2\right) + \left(F_n \cdot \sum_1^n P_n\right) \dots} \quad (3)$$

Onde: p_i = peso para ponderação dos indicadores de sustentabilidade; F_n = autovalor (eigenvalue) de cada componente principal; P_n = carga fatorial de cada indicador em relação à componente principal presente na matriz de cargas fatoriais rotacionada, $\sum P$ = somatório das cargas fatoriais de cada componente..

Os índices de sustentabilidade (IS) por lote foram calculados pela combinação linear dos indicadores e seus respectivos pesos (p_i), e após, calculado o índice de sustentabilidade por localidade e para o perímetro através da média aritmética dos índices dos lotes relacionados (CARNEIRO NETO et al., 2008):

$$IS = p_1 I_1 + p_2 I_2 + p_3 I_3 \dots + p_{14} I_{14} \quad (4)$$

Onde: π_i são os pesos de ponderação dos indicadores; I são as notas atribuídas aos indicadores. Os valores do índice foram variados em cinco intervalos entre 0 e 100 (Tabela 1):

Tabela 1. Classificação do nível de sustentabilidade

Sustentável	$IS \geq 80$
Sustentabilidade Ameaçada	$60 \leq IS < 80$
Sustentabilidade Comprometida	$40 \leq IS < 60$
Insustentável	$20 \leq IS < 40$
Seramente Insustentável	$IS < 20$

Adaptado de Carneiro Neto et al. (2008), Lopes et al. (2009).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação estatística para análise multivariada fatorial apontou adequação dos dados evidenciada pela normalidade multivariada pelo teste de Mardia com p-values assimetria e curtose = 0,23 e 0,53, respectivamente, valores dos testes de KMO= 0,519 e esfericidade de Bartlett p-value = 0,006.

Foram extraídas seis componentes que explicam 66,56% da variância dos dados, a matriz de cargas fatoriais rotacionadas, os autovalores e as comunalidades estão na tabela 2.

Tabela 2. Matriz de cargas fatoriais rotacionadas, autovalores e comunalidades

Nº	Variáveis/Indicadores	Componentes ou Fatores						C*
		1	2	3	4	5	6	
1	Organização social	0,714	-0,096	0,126	0,242	0,072	-0,190	0,64
2	Serviços públicos	0,711	0,137	0,292	0,006	0,072	0,257	0,68
3	Educação	0,704	0,044	-0,317	-0,023	0,046	0,081	0,61
4	Organização de finanças	-0,166	0,752	0,244	-0,121	0,114	0,149	0,70
5	Consumo de água na irrigação	0,025	0,735	-0,061	0,224	0,007	-0,303	0,69
6	Bens de consumo	0,329	0,620	-0,244	0,112	-0,059	0,113	0,58
7	Produção e Comercialização	-0,139	-0,131	0,733	-0,079	0,130	0,088	0,60
8	Monitoramento de água e solo	0,245	0,211	0,651	0,182	-0,089	0,197	0,61
9	Áreas protegidas	0,210	-0,079	0,006	0,844	0,074	0,051	0,77
10	Práticas Agrícolas	-0,056	0,325	0,212	0,755	0,077	-0,074	0,73
11	Planejamento Econômico	0,070	0,032	-0,048	0,122	0,765	0,059	0,61
12	Uso de Agroquímicos	0,150	0,016	0,219	-0,064	0,724	-0,290	0,68
13	Qualidade química do solo	0,273	-0,034	0,434	-0,212	-0,497	-0,330	0,67
14	Segurança	0,099	-0,024	0,183	-0,016	-0,071	0,835	0,75
ΣP		3,169	2,508	2,430	1,972	1,365	0,643	
Raiz característica F_n (autovalores)		2,442	1,67	1,559	1,438	1,137	1,074	
Variância (%)		17,440	11,926	11,135	10,272	8,120	7,675	
Variância acumulada (%)		17,440	29,366	40,501	50,773	58,893	66,568	

C* (Comunalidades) indicam quanto da variância da variável está relacionada à variância das demais variáveis
Fonte: dados da pesquisa.

Os valores em negrito (cargas fatoriais – P_n) em ordem decrescente por coluna (tabela 2) indicam quais variáveis apresentaram maior correlação com cada componente ou fator, de maneira que foi possível denominar cada fator em função das variáveis mais correlacionadas que o compõe.

O fator 1 (Tabela 3) é composto pela baixa organização social evidenciada pela inexistência ou não participação em associações e cooperativas entre (67% dos entrevistados) e ineficiência das organizações existentes (78% dos entrevistados), está correlacionado à falta de acesso a serviços públicos relatados, como: assistência técnica e extensão rural (83%), educação técnica e programas de alfabetização (100%), observando-se baixa escolaridade representada por 63% dos entrevistados com ensino fundamental incompleto e 25% analfabetos funcionais.

Situação semelhante foi observada por Santana et al. (2012) em assentamentos agroextrativistas no estado de Sergipe onde a capacidade de organização social foi fator limitante para sustentabilidade. A baixa organização social e a individualidade é um elemento marcante deste sistema e influencia nas condições de comercialização dos produtos que em 92% dos casos é realizada por atravessadores.

Tabela 3. Denominação dos fatores e pesos de ponderação para os indicadores

Ordem dos fatores	Denominação do fator	Variáveis/Indicadores	Pesos
1	Ação social	Organização Social	0,095
		Serviços Públicos	0,133
		Educação	0,067
2	Consumo	Organização de finanças	0,064
		Consumo de água na irrigação	0,057
		Bens de consumo	0,080
3	Qualidade do sistema produtivo	Produção e Comercialização	0,045
		Monitoramento de solo e água	0,111
		Qualidade química do solo	-
4	Manejo de recursos naturais	Áreas Protegidas	0,083
		Práticas Agrícolas	0,087
5	Agricultura comercial	Planejamento Econômico	0,060
		Uso de agroquímicos	0,055
		Qualidade química do solo	0,003
6	Segurança	Segurança	0,061
TOTAL			1,00

Fonte: dados da pesquisa.

O segundo fator foi denominado como consumo, observou-se relação entre os indicadores: bens de consumo, organização de finanças e consumo de água na irrigação.

O consumo de água na irrigação sem critérios técnicos e sem controle do volume aplicado por 88% dos entrevistados, assim como a gratuidade pelo uso da água e serviços tem

estado associado pelos irrigantes à evolução patrimonial (Figura 2). Situação semelhante foi observada por Hailelassie, (2016) na Índia, onde a lógica de consumo sobre os recursos hídricos correlacionando maiores volumes utilizados com maiores rendimentos consiste em ameaça e risco de insustentabilidade, o fato também foi observado por Santos, (2013) na área de estudo e em outros perímetros irrigados em Sergipe.

A falta de organização financeira, o desperdício e o estabelecimento de padrões de consumo elevados tem dificultado o desenvolvimento igualitário de todas as etapas do processo produtivo, intensificando-se a pressão sobre etapas que exigem menor esforço ou capacidade de gestão e articulação, como o acionamento da irrigação.

Iglesias e Garrote, (2015) apontam que medidas que visam melhorar a eficiência da irrigação ou a inserção de medidores de consumo de água, só serão de fato eficientes se as comunidades tiverem compreensão de tecnologias alternativas e adotarem práticas de solidariedade, e isso só será possível por ações educativas.

Foram relatadas situações de falta de água que causaram perdas na produção entre 65% dos entrevistados, apontando-se como causas o uso excessivo por alguns irrigantes e problemas no sistema de bombeamento e tubulações, sobretudo para os agricultores nos extremos do sistema de distribuição. Rodízios na distribuição já são praticados devido à baixa pressão do sistema. Situação semelhante foi observada na Austrália por Tingey-Holyoak (2014) que demonstrou que por vezes a individualidade é fator estagnante do desenvolvimento social sustentável na gestão dos recursos hídricos (Figura 2).

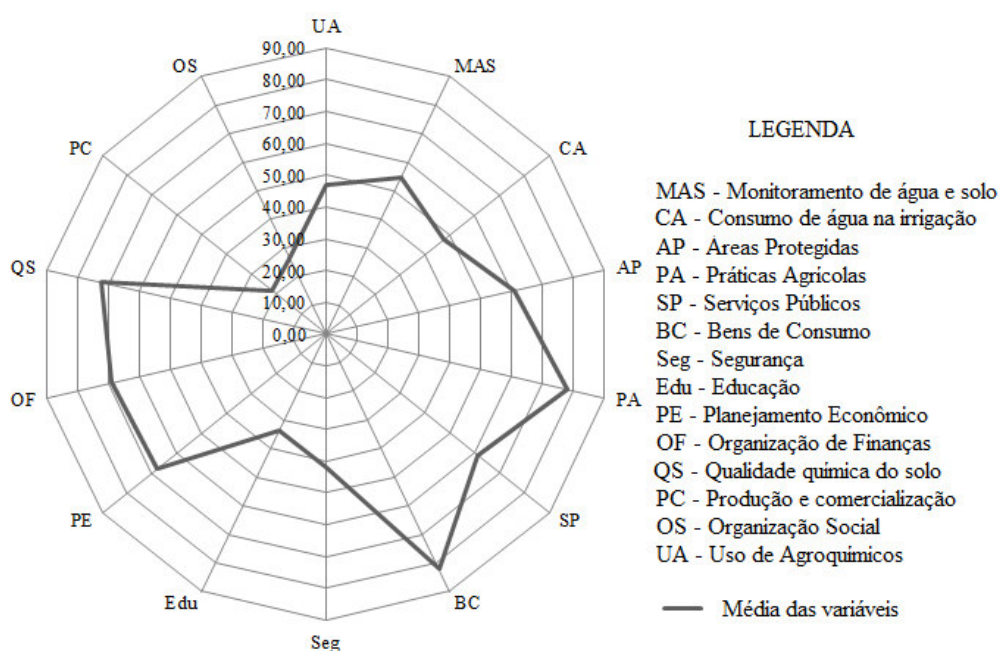


Figura 2. Média das variáveis indicadoras na escala de sustentabilidade aplicada.
Fonte: dados da pesquisa.

O fator três está relacionado à qualidade do sistema produtivo, destacando-se o indicador qualidade química do solo que esteve relacionado em proporção semelhante ao fator cinco. O monitoramento de água e solos apontou a percepção dos irrigantes à baixa qualidade da água utilizada na irrigação, em que foi relatada a presença de resíduos, larvas, mau cheiro na água e constante obstrução de aspersores entre 87% dos entrevistados.

Situação semelhante também já havia sido observada na área por Santos, (2013), que identificou problemas de saúde nas populações dependentes de reservatórios para irrigação em Sergipe. O problema se acentua pela baixa prática de análise de solos, relatados por 83% dos entrevistados que nunca fizeram este tipo de avaliação.

A falta de monitoramento do solo voltado para agricultura de maior precisão conduz ao manejo inadequado evidenciado pelo elevado consumo de fertilizantes, porém com baixos teores de matéria orgânica no solo (Apêndice B) (HUANG et al., 2015).

A produção e comercialização foi o indicador que apresentou pior desempenho (figura 2), marcado pela exploração intensiva do sistema com elevada produção garantida pela incorporação de insumos externos. Os principais fatores relacionados estão o baixo desempenho para armazenamento e comercialização explicitados pelas dificuldades de organização social, venda por preços incompatíveis aos custos de produção e dependência de atravessadores.

De modo semelhante ao observado no perímetro da Ribeira, pesquisas conduzidas por Souza-Esquerdo e Bergamasco (2014) em São Paulo, identificaram que grande parte dos produtores do circuito das frutas desconhece ou não tem acesso aos planos do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) para aquisição de alimentos da agricultura familiar, sobretudo pela dificuldade dos municípios colocarem em prática os dispositivos da Lei Federal 11.947/2009 (BRASIL, 2009).

O quarto fator está relacionado às práticas agrícolas e áreas protegidas. Foi citada a adoção de práticas agrícolas corretas entre os entrevistados, tais como: desuso de fogo (73%), rotação e diversificação de culturas (97%), uso de adubos orgânicos e reincorporação de resíduos agrícolas (97%).

No entanto, verificaram-se práticas inadequadas no manejo do solo indicadas pelo uso de adubação sem recomendação (90%) e plantios em áreas inclinadas sem curva de nível entre 25% dos entrevistados, fatores que podem estar relacionados aos valores baixos de matéria orgânica da capacidade de troca catiônica do solo, bem como valores elevados de fósforo e a possibilidade de erosão do solo e contaminação de corpos hídricos (Apêndice C).

Observou-se desconhecimento sobre a situação legal do lote para a necessidade de

recompor reserva legal entre 70% dos entrevistados e a existência de corpos hídricos sem proteção de vegetação ciliar em 17% dos lotes, além da dependência de produtos extrativistas como lenha e madeira para postes, retiradas nos lotes ou nas formações vegetais circundantes entre 27% dos entrevistados, porém não foram relatadas práticas de caça.

A questão da reserva legal ainda é incerta na localidade, segundo a COHIDRO devido à inexistência de intervenção fundiária do Estado a obrigação de recompor reserva legal é do proprietário do lote, porém, a Lei 12.651/2012, art.3º, parágrafo único, determina que imóveis rurais com até 4 módulos fiscais estão isentos de recompor reserva legal (BRASIL, 2012). Para os municípios de Itabaiana e Areia Branca o módulo fiscal corresponde a 20 e 35 ha, respectivamente (BRASIL, 1980), ou seja, muito maior que a média entre os lotes analisados que foi de 2,70 ha lote⁻¹.

O novo código florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), também chamado de Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) tem se mostrado um aparato legal com evidentes fragilidades para garantir a preservação e conservação do meio ambiente e da biodiversidade, sobretudo por estabelecer o módulo fiscal, uma unidade de medida produtiva agrária, como base técnica para definir o tamanho de áreas de preservação permanente (APPs) e a necessidade de recompor reserva legal (RL) em imóveis rurais (NASCIMENTO et al., 2015).

Esta problemática é ainda ampliada pela reduzida efetividade na regularização fundiária observada no país. A limitação na implantação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem evidenciado a irregularidade fundiária e a dificuldade de organizar o setor agropecuário para adequação às normas ambientais. No estado de Sergipe, por exemplo, até 2011 os estabelecimentos agropecuários com reservas legais averbadas correspondiam a apenas 0,7% do total, o que representa somente 2,1% da área do estado (VIEIRA et al., 2013).

O fator 5 denominado de agricultura comercial aponta para as relações entre planejamento econômico, uso de agrotóxicos e qualidade química dos solos. A inexistência de controle das finanças foi relatada entre 55% dos entrevistados, evidenciando dificuldades na gestão econômica que resultam em medidas inadequadas de uso dos recursos naturais como manejo intensivo do solo e uso de agrotóxicos.

Corroborado por Santos, (2013) o uso indiscriminado de agrotóxicos citado pelos entrevistados mostrou uso sem instrução técnica (68%), inadequações no uso de equipamentos protetores (43%) e armazenamento (63%), somado ao uso elevado de fertilizantes sintéticos que demonstram a incorporação de um modelo de economia que busca maximizar a produção e rendimentos, devido dificuldades no desenvolvimento comercial e incertezas dos agricultores. Os agrotóxicos citados encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Agrotóxicos citados por sua utilização no perímetro irrigado Poção da Ribeira

Nome	Categoria	Nº relatos de uso	% usuários na amostra	Classificação toxicológica	Classificação de risco ambiental	Autorização para uso em hortaliças
Roundup	Herbicida	39	65	Medianamente tóxico	Perigoso	Não
Gramocil	Herbicida	23	38	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Não
Dithane	Fungicida	20	33	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Actara	Inseticida	10	17	Medianamente tóxico	Perigoso	Não
Cyprtrin	Inseticida	7	12	Medianamente tóxico	Muito perigoso	Não
Score	Fungicida	13	22	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Karate	Inseticida	4	7	Medianamente tóxico	Altamente perigoso	Não
Decis	Inseticida	7	12	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Não
Vertimec	Inseticida	4	7	Medianamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Tamaron	Inseticida	1	2	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Não
Lannate	Inseticida	1	2	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Ridomil	Fungicida	1	2	Extremamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Afalon	Herbicida	1	2	Medianamente tóxico	Muito perigoso	Sim
Fipronil	Inseticida	1	2	Medianamente tóxico	Muito perigoso	Não
Dipel	Bioinseticida	1	2	Pouco tóxico	Pouco perigoso	Sim
Agree	Bioinseticida	1	2	Medianamente tóxico	Pouco perigoso	Sim

Fonte: dados da pesquisa e adaptado de BRASIL (2016). Classificação de toxicidade e risco ambiental disponível para consulta online no sistema Agrofit: <<http://agrofit.agricultura.gov.br/>>.

O uso de agrotóxicos sem autorização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para aplicação em hortaliças, como: Roundup, Gramocil, Cyprtrin, Actara, Decis, Karate, Fipronil e Tamaron acentua a gravidade do risco para saúde dos agricultores e consumidores, considerando ainda que neste trabalho não foi possível mensurar as dosagens utilizadas nem o cumprimento do intervalo de segurança para colheita.

A qualidade química dos solos tem indicado práticas agrícolas de manejo intensivo voltado para maximização de lucros e evidenciada por elevada adubação fosfatada em (98%) e potássica (38%) dos lotes analisados (Apêndice B). O manejo intenso do solo e elevados volumes de irrigação tem afetando consideravelmente os teores de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTCp) do solo, considerados baixos em 98% e 70% dos lotes, respectivamente. (GUIMARÃES et al., 2013).

A insegurança pública, fator seis, é um ponto marcante deste sistema. Observou-se estado de abandono pelo poder público, em que 100% dos entrevistados relataram inexistência ou insuficiência de policiamento na área do perímetro. Os resultados são ainda mais preocupantes quando se relata que 65% dos entrevistados já foram vítimas de assaltos, furtos e agressões na área do perímetro, e 23% relatam a possibilidade de abandono da atividade. Muitos agricultores têm deixado a residência no lote para morar nos povoados devido à insegurança local (32%).

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) e Lei Federal Nº 8.171/91 (BRASIL, 1991)

preveem o direito à segurança pública no campo como forma de garantir a cidadania e tranquilidade às populações rurais, porém, pouca efetividade e eficácia se percebem. No perímetro irrigado da Poção da Ribeira este tem sido um fator agravante para redução da qualidade de vida.

O cálculo do índice de sustentabilidade realizado por localidade encontra-se na tabela 5. Observou-se que todas as localidades encontram-se entre o intervalo $40 \leq IS < 60$, apresentando condição de sustentabilidade comprometida.

Tabela 5. Índice de sustentabilidade (IS) por localidade do Perímetro Irrigado Poção da Ribeira.

Localidade	IS
Mangueira	59,78
Cajaíba	56,56
Mangabeiras	55,50
São José	55,37
Lagoa do Forno	53,49
Forno	52,10
Junco	51,51

Fonte: dados da pesquisa.

As localidades Mangueiras e Cajaíba apresentaram os melhores índices e encontram-se mais próximas ao reservatório da Ribeira, onde foi relatado que a falta de água não é tão frequente como nas localidades que estão mais ao extremo do sistema de distribuição, como o Junco e Lagoa do Forno. Situações de violência têm sido relatadas com maior frequência no Junco, Forno e Lagoa do Forno e tem sido associado pelos agricultores ao acesso mais fácil à BR-235 (figura 1) e reduzido policiamento.

A distribuição de frequência de classificação da sustentabilidade dos lotes está na tabela 6, onde se observa que a maior parte dos lotes encontra-se em condição de sustentabilidade comprometida (73,3%), parte encontra-se em situação de sustentabilidade ameaçada (25%) e apenas um lote foi observado já em condição insustentável.

Tabela 6. Distribuição de frequência e classificação da sustentabilidade entre os lotes analisados no perímetro irrigado Poção da Ribeira, Sergipe em 2015

Classificação	Número de lotes	Proporção (%)	Proporção Acumulada (%)
Sustentável	0	0	0
Sustentabilidade Ameaçada	15	25,0	25,0
Sustentabilidade Comprometida	44	73,3	98,3
Insustentável	1	1,7	100,0
Seramente Insustentável	0	0	
TOTAL	60	100	-

Fonte: dados da pesquisa.

A média global do índice de sustentabilidade entre os lotes foi de 54,80 indicando

situação de sustentabilidade comprometida para o Perímetro Irrigado Poção da Ribeira em 2015.

Situações semelhantes foram observadas por Lopes et al. (2009) que obteve um índice de sustentabilidade de 53,80 (sustentabilidade comprometida) para o perímetro irrigado Baixo Acaraú em 2009 no Ceará. O índice geral de sustentabilidade para o perímetro irrigado Ayres de Souza em 2004 foi de 52,1 (sustentabilidade comprometida) sendo apontado pelos autores como otimista (CARNEIRO NETO et al., 2008).

Estes fatos indicam que a gestão da agricultura irrigada em grande parte dos perímetros de irrigação no Nordeste do Brasil enfrentam situações semelhantes de baixa organização para criação de cooperativas e associações que permitam melhorar conjuntamente os padrões de produção e comercialização garantindo melhor distribuição de renda entre os agricultores, baixo acesso à assistência técnica e extensão rural e despreparo (CARNEIRO NETO et al., 2008; LOPES et al., 2009), observados na figura 3.

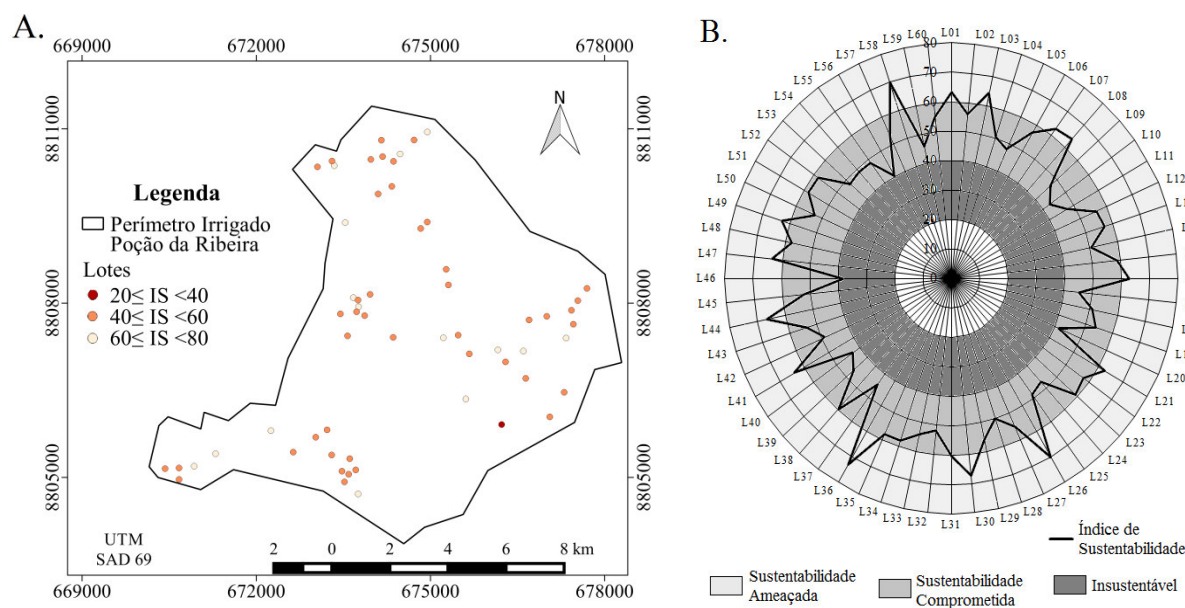


Figura 3. (A) Espacialização do índice de sustentabilidade (IS) para o perímetro irrigado Poção da Ribeira. **(B)** Índice de sustentabilidade entre os lotes analisados. Fonte: dados da pesquisa.

O mapa de distribuição espacial do índice de sustentabilidade calculado (Figura 3A), associado à distribuição gráfica do índice entre os lotes (Figura 3B) aponta que embora apenas um lote tenha evidenciado situação de insustentabilidade, alguns lotes apresentam situação próxima ao limite ($IS < 40$), observados na figura 3B. Este fato demonstra a necessidade de intervenção neste sistema, buscando evitar o declínio da condição sustentável que já se encontra acentuado.

4.4 CONCLUSÕES

1. A aplicação da metodologia participativa e o uso das técnicas multivariadas (AF/CP) permitiram identificar indicadores representativos e estruturas formadas pelas variáveis para caracterizar a condição de sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da Ribeira, embora se recomende testar novos indicadores e ampliar a amostra.

2. A condensação das variáveis correlacionadas em fatores permitiu identificar que a baixa ação e organização social, falta de acesso à educação técnica voltada para o desenvolvimento de tecnologias alternativas na agricultura familiar e dificuldades na comercialização representam os principais entraves para o desenvolvimento socioeconômico no perímetro.

3. As dificuldades enfrentadas nos aspectos sociais e econômicos exercem influência prejudicial no manejo sustentável das áreas de produção e na qualidade ambiental representada pela adoção de modos de produção exploratórios.

4. O uso de água sem critérios técnicos ameaça a sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio das Traíras que já se encontra pressionada, sendo necessária a adoção de medidas emergenciais e tecnológicas para a inclusão dos agricultores em sistemas mais sustentáveis de irrigação bem como ações de educação ambiental.

5. O uso atual de agrotóxicos representa ameaça à saúde pública de consumidores e agricultores necessitando de ações fiscalizatórias e educativas, além de fornecimento de tecnologias alternativas para combate a pragas e doenças na agricultura.

6. São necessários estudos ambientais adicionais que visem monitorar a qualidade dos solos e da água nas localidades, identificando possíveis riscos antecipadamente, bem como a implantação de sistemas de tratamento de esgotos, sobretudo nos povoados Junco, Cajiíba e Mangabeiras a fim de evitar o lançamento de efluentes nos corpos hídricos que são carregados para o reservatório da Ribeira.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. **Introdução à metodologia de pesquisa social**. Lavras: UFLA, 1999. 125 p.

ANYAEGBUNAM, C.; MEHALOPULOS, P.; MOETSABI, T. **Diagnóstico Participativo de Comunicación Rural**. 2ª edição. Roma: ICDS, 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/y5793s/y5793s00.HTM>>. Acesso em: 11/11/2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Decreto nº 4.074 de 04 de Janeiro de 2002. **Regulamenta a Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Decreto nº 7.352 de 04 de Novembro de 2010. **Dispõe sobre a política de educação do campo e o Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária – PRONERA**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7352.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Instrução Especial/Incra/nº 20, de 28 de maio de 1980. Estabelece o Módulo Fiscal de cada Município, previsto no Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jun. 1980. Seção 1, p. 11606. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/media/institucional/legislacao/atos_internos/instrucoes/instrucao_especial/IE20_280580.pdf>. Acesso em: 11/02/2016.

BRASIL. Lei nº 11.326 de 24 de Julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2006/lei-11326-24-julho-2006-544830-normaatualizada-pl.html>>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 11.947 de 16 de Julho de 2009. **Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar [...] e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111947.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 05/03/2016.

BRASIL. Lei nº 12.188 de 11 de Janeiro de 2010. **Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural [...] e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12188.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012. **Dispõe sobre a vegetação nativa [...] e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 12.787 de 11 de Janeiro de 2013. **Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação [...] e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112787.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 7.802 de 11 de Julho de 1989. **Dispõe sobre [...] agrotóxicos seus componentes e afins**. Diário Oficial da União. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 8.171 de 17 de Janeiro de 1991. **Dispõe sobre a Política Agrícola**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8171.htm>. Acesso em: 15/01/2015.

BRASIL. Lei nº 9.394 de 20 de Dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**. 2016. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 11/02/2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Comunicação Social. **Produto Interno Bruto da agropecuária deve ser de R\$ 1,1 trilhão**. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>>. Acesso em: 28/01/2016.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos [...] e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 01/02/2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420 de 28 de Dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo[...]**. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 01/02/2015.

CARNEIRO NETO, J. A. et al. Índice de sustentabilidade agroambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1272-1279, 2008.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations **Statistics: Graphs & Maps. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>>. Acesso em: 02/02/2016.

FRANCO, J. A.; GASPAR, P.; MESIAS, F. J. Economic analysis of scenarios for the sustainability of extensive livestock farming in Spain under the CAP. **Ecological Economics**, v. 74, p. 120-129, 2012.

GENG, Q. et al. A framework of indicator system for zoning of agricultural water and land resources utilization: A case study of Bayan Nur, Inner Mongolia. **Ecological Indicators**. V. 40, p. 43-50, 2014.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; RIESGO, L. Alternative approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain, **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 3345-3362, 2009.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural

sustainability using composite indicators. **Ecological Economics**, v. 69, n. 5, p. 1062-1075, 2010.

GUIMARÃES, D. V. et al. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, v. 126, p. 177-182, 2013.

GUTZLER, C. et al. Agricultural land use changes – a scenario-based sustainability impact assessment for Brandenburg, Germany. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 505-517, 2015.

HAILESLASSIE, A. et al. Empirical evaluation of sustainability of divergent farms in the dryland farming systems of India. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 710-723, 2016.

HUANG, C. et al. Economic Performance and Sustainability of a Novel Intercropping System on the North China Plain. **Plos One**, v. 10, n. 8, p. 1-16, 2015.

IGLESIAS, A.; GARROTE, L. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. **Agricultural Water Management**, v. 155, p. 113-124, 2015.

KORKMAZ S.; GOKSULUK, D; ZARARSIZ G. MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. **The R Journal**, v. 6, n. 2, p. 151-162, 2014.

LADEIRO, V. L. **Introdução ao uso do programa R**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2011. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/doc/contrib/Landeiro-Introducao.pdf>>. Acesso em: 25/11/2015.

LAROS, J. A. **O uso da análise fatorial: algumas diretrizes para pesquisadores**. In: PASQUALI, L. (Org.). **Análise fatorial para pesquisadores**. Brasília: LabPAM., 2005. Cap. 7, p. 163-184.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; LOPES, J. F. B. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**. V. 40, n. 2, p. 185-193, 2009.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex agro-environmental systems the MESMIS framework. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1-2, p.135–148, 2002.

MAIER, M. J. **Companion Package to the Book “R: Einführung durch angewandte Statistik”**. R package version 0.9.3. 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=REdaS>>. Acesso em: 02/02/2016.

MEIRELES, A.C.M. et al. A new proposal of the classification of irrigation water. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 41, n. 3, p. 349-357, 2010.

MELO, A. S. et al. Custo e rentabilidade da produção de batata-doce, nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

MOLDAN, B.; JANOUŠKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 4-13, 2012.

NASCIMENTO, M. M.; GOMES, L. J.; ARAÚJO, H. O uso do módulo fiscal como parâmetro na Lei de Proteção da Vegetação Nativa brasileira. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p.1-

10, 2015. Disponível em: <<http://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/2281/1202>>. Acesso em: 13/03/2016.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10/01/2015.

REVELLE, W. **psych: Procedures for Personality and Psychological Research**. Northwestern University, Evanston, Illinois, USA. 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.5.8>. Acesso em: 10/01/2015.

RODRÍGUEZ, E. et al. Dynamic Quality Index for agricultural soils based on fuzzy logic. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 678-692, 2016.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SANTANA, J. U. R.; CARVALHO, I. C. A.; GOMES, L. J. Em busca da sustentabilidade: Mensuração e avaliação da dimensão social em assentamento agroextrativista no Estado de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 8, n. 8, p. 1-10, 2012.

SANTOS, C. E. Questões socioambientais nos perímetros irrigados do município de Itabaiana, Sergipe. **ACTA Geográfica**, v. 7, n. 14, p. 139-152, 2013.

SELOMANE, O. et al. Towards integrated social–ecological sustainability indicators: Exploring the contribution and gaps in existing global data. **Ecological Economics**, v. 118, p. 140-146, 2015.

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**, 1 Pendrive, color, 2014.

SINGH, A. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 128-130, 2015.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, Mumbai, v. 16, n. 1, p. 281-299, 2012.

SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 189-212, 2009.

SIQUEIRA, O. J. W. de. Diagnóstico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In: SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. P. 49-79.

SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 6, p. 633-644, 2010.

SOUZA-ESQUERDO, V. F.; BERGAMASCO, S. M. P. P. Análise sobre o acesso aos programas de políticas públicas da agricultura familiar nos municípios do circuito das frutas

(SP). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, supl. 1, p. 205-222, 2014.

TINGEY-HOLYOAK, J. L. Water sharing risk in agriculture: Perceptions of farm dam management accountability in Australia. **Agricultural Water Management**, v. 145, p. 123-133, 2014.

VIEIRA, T. R. S.; OLIVEIRA, D. G.; GUIMARÃES PESSOA, F. M.; GOMES, L. J. Análise dos processos de averbação das reservas legais no estado de Sergipe. **Floresta e ambiente**, v. 20, n. 2, p. 149-158, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v20n2/a02v20n2.pdf>>. Acesso em: 14/03/2016.

ZHANG, XIAO-HONG. Et al. An emergy evaluation of the sustainability of Chinese crop production system during 2000–2010. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 622-633, 2016.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos demonstram que a água do reservatório da Ribeira apresenta riscos de toxidez para as plantas para irrigação por aspersão no período seco devido aos teores elevados de sódio e cloro, e de sodificação do solo que pode estar sendo influenciado pela aplicação excessiva de fertilizantes e pelo carreamento de efluentes domiciliares dos povoados existentes, bem como a redução da capacidade de adsorção dos solos na área do perímetro irrigado Poção da Ribeira por baixos teores de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica, sendo necessária maior atenção à qualidade da água neste período.

O risco de contaminação microbiológica aponta teores de coliformes termotolerantes acima do normatizado pela legislação em vigor para água doce classe 1, demonstrando baixo acesso ao saneamento básico nas áreas populacionais ao longo da bacia hidrográfica do Rio das Traíras, assim como redução da vegetação ciliar ao longo dos seus rios, riachos e nascentes tributários evidenciado pelo domínio de cobertura do solo por pastagens (65,43%) e áreas agrícolas (15,87%).

No perímetro irrigado Poção da Ribeira este problema é ainda mais acentuado quando se verifica que a vegetação ciliar representa < 1% da cobertura do solo (artigo II, figura 1B) segundo dados da SEMARH (2014), mesmo diante da existência de rios e riachos importantes para o reservatório como o Rio das Pedras e Tapuios.

A baixa qualidade da água percebida pelos agricultores demonstra a inexistência de tratamento prévio, promovendo insegurança aos irrigantes além de problemas frequentes de obstrução dos aspersores por resíduos da barragem e de corrosão do ferro do sistema de distribuição, desconhecendo-se também as perdas existentes por vazamentos nas tubulações.

O uso acentuado de fertilizantes sem recomendação e o consumo elevado de água na irrigação apontam para o baixo acesso aos serviços públicos orientadores como: assistência técnica rural e cursos de formação para a gestão rural assim como a baixa escolaridade e alto analfabetismo evidenciados, indicando um quadro de declínio ambiental e socioeconômico marcado pela existência de práticas insustentáveis que visam maximizar a produtividade como forma de garantir lucros pela exploração do sistema. Acentua-se também o elevado uso de mão de obra contratada, incluindo-se a de pessoas específicas para aplicação de agrotóxicos, desconfigurando-se ideologicamente da definição de agricultura familiar pautada pela Lei nº 11.326/2006.

Este quadro crítico é ainda mais acentuado quando se evidencia a insegurança para saúde dos consumidores e agricultores pelo uso de agrotóxicos sem critérios e de forma ilegal,

sem receituário agrônomo. A ameaça à vida e integridade física marcada pela violência expressiva e crescente na área do perímetro é um fator extremamente preocupante, onde se observa baixo ou ineficiente efetivo policial. A insegurança local tem sido relatada pelos agricultores como um dos possíveis motivos para um abandono futuro da atividade rural, ou pela transferência do domicílio do lote para núcleos populacionais transformando a área de vivência e produção agrícola em mera empresa rural.

A organização social a ser ocasionada pelo abandono da individualidade e pelo desenvolvimento pessoal e comunitário, a educação pautada na valorização ambiental e solidariedade, bem como a prestação de serviços públicos que garantam dignidade e orientação às comunidades desta área foi representada pela técnica de análise multivariada fatorial/componente principal como os principais elementos que influenciam sobre a sustentabilidade do sistema como um todo.

Embora se observe pela técnica aplicada que a condição atual do perímetro irrigado Poção da Ribeira é de sustentabilidade comprometida, percebe-se que a promoção de desenvolvimento social que permita a construção de conhecimentos para adoção de práticas mais sustentáveis no manejo de água, solo e demais recursos naturais, bem como a gestão econômica e planejamento da produção poderão servir como orientadores para reverter este quadro crítico.

No tocante às questões de segurança pública, uso de agrotóxicos, excesso de adubação e consumo excessivo de água, medidas emergenciais precisam ser tomadas para evitar o colapso do sistema sejam por fiscalização, assistência técnica e ações educativas.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário para mensuração de indicadores ambientais, sociais e econômicos em 2015 para o perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe. ...	71
APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido.	78
APÊNDICE C – Dados das análises de solos.	80
APÊNDICE D – Cálculo dos indicadores de qualidade química do solo	83
APÊNDICE E – Dados dos questionários.	86
APÊNDICE F – Dados das análises de água	88
APÊNDICE G – Script de programação do R para análise multivariada fatorial/componente principal e análise de cluster.	89

APÊNDICE A – Questionário para mensuração de indicadores ambientais, sociais e econômicos em 2015 para o perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe.

Bacia do Rio Vaza Barris

Perímetro Irrigado: _____

Município _____ UF: _____

GPS – PONTO	Latitude	Longitude	Altitude

Questionário Nº _____

Identificação do Lote: _____

Data: ____/____/____

Idade: _____

Nome do Entrevistador: _____

Nome do Entrevistado: _____

Quantas pessoas na família? _____

Mora no lote? ☐ Sim ☐ Não – Por que? _____

<p>Já tinha experiência com irrigação?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim</p> <p><input type="checkbox"/> Não – O que fazia antes: _____</p> <p>_____</p>	<p>Quando adquiriu a propriedade?</p> <p><input type="checkbox"/> Com o início do projeto?</p> <p><input type="checkbox"/> Depois – Há _____ Anos</p> <p><input type="checkbox"/> Antes do projeto <input type="checkbox"/> Herança</p>
--	---

ÁREA TOTAL: _____ ÁREA DO PLANTIO: _____ ÁREA IRRIGADA: _____

Culturas	Área Ocupada	Produção

Indicadores Ambientais	Monitoramento de água e solo	1. Percebe algum aspecto marcante na água de irrigação como: cor, cheiro, gosto? Nota = 100 – 20 para cada aspecto relatado.
		2. Existe algum dos seguintes aspectos no solo da área de plantio? <input type="checkbox"/> Endurecimento (75) <input type="checkbox"/> improdutividade em partes do terreno (25) <input type="checkbox"/> Improdutividade de todo o terreno (0) <input type="checkbox"/> Nenhum (100) Outro: _____
		3. Realiza análise química do solo? <input type="checkbox"/> Nunca (0) <input type="checkbox"/> Já realizou (50) <input type="checkbox"/> Sim, com frequência (100) Qual frequência: _____
		4. Existe alguma das seguintes situações no solo da área do lote: <input type="checkbox"/> Erosão e voçorocas sem controle (0) <input type="checkbox"/> Erosão e voçorocas com medidas de controle (50) <input type="checkbox"/> Nenhuma (100)
	Consumo de Água	5. Com base em que você determina a quantidade de água que vai usar para irrigar? <input type="checkbox"/> Não determina, só aplica (0) <input type="checkbox"/> Com recomendação técnica (100)
		6. Faz controle do consumo de água no lote com hidrômetro? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		7. Já existiu falta de água que causou perdas na produção? <input type="checkbox"/> Não, nunca (100) <input type="checkbox"/> Sim, sem perdas (50) <input type="checkbox"/> Sim, com perdas (0) Quando? _____
		8. Em dias de chuva quando o solo está molhado o que você faz com a irrigação? <input type="checkbox"/> Retira a irrigação (100) <input type="checkbox"/> Reduz a irrigação (50) <input type="checkbox"/> Irriga normalmente (0)
		9. Para evitar o desperdício de água o que você faz? <input type="checkbox"/> Não toma nenhuma medida (0) <input type="checkbox"/> Faz algo (100) Qual(is): _____
	Área Protegidas	10. Existem áreas com nascentes, rios, riachos, lagos, banhados, dentro da propriedade na área de plantio? <input type="checkbox"/> Não (100) <input type="checkbox"/> Sim, protegidos (75) <input type="checkbox"/> Sim, existem, mas não protegidos (0)
		11. A respeito da reserva legal, como considera a situação do lote: <input type="checkbox"/> Isento (100) Motivo: _____ <input type="checkbox"/> Não sabe responder (0)
		12. Depende de lenha, madeira, fruto, peixe, animal do mato para alguma necessidade? <input type="checkbox"/> Não (100) <input type="checkbox"/> Sim (0) De quê?: _____
	Uso de Agroquímicos	13. Qual produto químico usa para controlar o mato na propriedade? <input type="checkbox"/> Não usa (100) <input type="checkbox"/> Usa (0) Qual: _____
		14. Qual produto químico usa para controlar insetos pragas? <input type="checkbox"/> Não usa (100) <input type="checkbox"/> Usa (0) Qual: _____
		15. Qual produto químico usa para controlar doenças em plantas? <input type="checkbox"/> Não usa (100) <input type="checkbox"/> Usa (0) Qual: _____

Indicadores Ambientais	Uso de Agroquímicos	16. O que usa para sua proteção pessoal no preparo e aplicação dos produtos químicos? <input type="checkbox"/> Nenhuma proteção (0) [<input type="checkbox"/> Luva de borracha (10) <input type="checkbox"/> Máscara(10) <input type="checkbox"/> óculos(10) <input type="checkbox"/> capa (10) <input type="checkbox"/> botas (10)] <input type="checkbox"/> Não usa produtos químicos (100)
		17. Onde armazena adubos ou produtos químicos? Nota: <input type="checkbox"/> 100 (depósito afastado da residência e protegido, não armazena, não usa) <input type="checkbox"/> 50 (afastado da residência e exposto); <input type="checkbox"/> 25 (próximo à residência e protegido); <input type="checkbox"/> (0) próximo ou dentro da residência e exposto.
		18. Qual destino final de embalagens de produtos químicos? <input type="checkbox"/> Não usa (100) <input type="checkbox"/> Devolve ao fornecedor (75) <input type="checkbox"/> Descarta no lixo (50) <input type="checkbox"/> Joga no mato, queima, enterra ou reutiliza (0)
		19. Conta com apoio de profissional para recomendar a compra de produtos químicos contra mato, insetos ou doenças de plantas? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) Qual? _____
		20. Existem problemas de saúde na família que possam ter origem no uso de produtos químicos? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) Qual? _____
	Práticas Agrícolas	21. Utiliza fogo para limpeza do terreno? <input type="checkbox"/> Não (100) <input type="checkbox"/> Sim (0)
		22. Em que se baseia para decidir a quantidade de adubo que vai usar? <input type="checkbox"/> Com recomendação técnica (100) <input type="checkbox"/> Sem recomendação (0)
		23. Faz rotação de culturas na área de plantio? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		24. Utiliza adubo orgânico tratado (esterco) <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		25. Faz consórcio ou diversifica o plantio? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		26. (OBSERVAR E PERGUNTAR) Caso o terreno possua inclinação quais cuidados toma com o solo? <input type="checkbox"/> Não possui inclinação (100) <input type="checkbox"/> Planta em curvas de nível (100) <input type="checkbox"/> Não realiza curva de nível (0)
		27. Qual destino final de resíduos orgânicos gerados na produção? <input type="checkbox"/> Reaproveita para alimentação animal, compostagem ou adubação do terreno ou de outra forma (100) <input type="checkbox"/> Descarta no lixo (0) Qual uso? _____
		28. O que faz com a água para limpeza de equipamentos que contenham graxas ou óleos? <input type="checkbox"/> Não usa água (100) <input type="checkbox"/> Trata ou destina para tratamento (50) <input type="checkbox"/> Descarta no solo (0)
Indicadores Sociais	Serviços Públicos	29. Tem energia elétrica na sua residência? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		30. Tem energia elétrica no lote? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		31. Tem acesso ao saneamento básico (esgotamento e coleta de lixo)? <input type="checkbox"/> Não, nenhum dos dois (0) <input type="checkbox"/> Apenas um dos dois (50) <input type="checkbox"/> Sim, os dois (100) Qual? _____

Indicadores Sociais	Serviços Públicos	32. Como é o atendimento médico na área do perímetro? <input type="checkbox"/> Não existe (0) <input type="checkbox"/> Existe mas não é suficiente (50) <input type="checkbox"/> Existe e é suficiente (100)
		33. Como é o fornecimento de medicação gratuita? <input type="checkbox"/> Não existe (0) <input type="checkbox"/> Existe mas não é suficiente (50) <input type="checkbox"/> Existe e é suficiente (100)
		34. Existe serviço de emergência em saúde para atender à localidade? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		35. Existem linhas de transporte público ou particular que permitam o acesso à região do perímetro? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim, mas não é eficiente (50) <input type="checkbox"/> Sim, é eficiente (100)
		36. Existe assistência técnica pública ao produtor? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100) Quem fornece? _____
		37. A assistência técnica existente é suficiente para resolver as necessidades do produtor? <input type="checkbox"/> Sim é suficiente (100) <input type="checkbox"/> Não é suficiente (50) <input type="checkbox"/> Não existe (0)
	Organização Social	38. Participa de cooperativas ou associações? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) Qual? _____
		39. Possui local para reuniões? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		40. Como considera a atuação da associação ou cooperativa? <input type="checkbox"/> Eficiente (100) <input type="checkbox"/> Poderia ser melhor (50) <input type="checkbox"/> Ineficiente (0)
		41. Quanto à associação ou cooperativa, costumam realizar atividades juntos? <input type="checkbox"/> Nunca (0) <input type="checkbox"/> Às vezes (50) <input type="checkbox"/> Sempre (100) Que tipo? _____
	Segurança	42. As condições de policiamento público na região do perímetro são: <input type="checkbox"/> Inexistentes (0) <input type="checkbox"/> Insuficientes (50) <input type="checkbox"/> Suficientes (100)
		43. Ver pergunta geral: Mora no Lote? <input type="checkbox"/> Sim ou não por preferência (100) <input type="checkbox"/> Não por insegurança (0)
		44. Já foi vítima, teve algum parente vitimado pela violência na localidade do perímetro? <input type="checkbox"/> Sim, eu ou parente já foi vitimado (0) <input type="checkbox"/> Ouve sobre fatos ocorridos sobre conhecidos (50) <input type="checkbox"/> Não (100)
		45. Qual sua sensação quanto à segurança quando está na área de trabalho? <input type="checkbox"/> Seguro (100) <input type="checkbox"/> Seguro apenas em certos horários (25) <input type="checkbox"/> Inseguro (0) Porquê? _____
		46. A seu ver a insegurança local pode se tornar um motivo para abandono da atividade? <input type="checkbox"/> Sim (0) <input type="checkbox"/> Não (100)

Indicadores Sociais	Educação	47. Qual o grau de estudo do responsável pelo lote: <input type="checkbox"/> Superior (100) <input type="checkbox"/> Médio completo (80) <input type="checkbox"/> Médio incompleto (60) <input type="checkbox"/> Fundamental completo (40) <input type="checkbox"/> Fundamental incompleto (20) <input type="checkbox"/> Não lê nem escreve ou apenas assina o nome (0)
		48. Algum membro da família participa de curso ou formação na área agrícola (ex: curto técnico, tecnólogo e superior em ciências agrárias)? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		49. Existem cursos oferecidos para o produtor? <input type="checkbox"/> Sim, com frequência (100) <input type="checkbox"/> Sim, com baixa frequência (50) <input type="checkbox"/> Não (0) Quem oferece? _____
		50. Como considera a educação que atende a localidade? <input type="checkbox"/> Ruim ou não funciona (0) <input type="checkbox"/> Regular, mas não atende à necessidade local (25) <input type="checkbox"/> Boa, mas precisa de melhorias (50) <input type="checkbox"/> Boa (75) <input type="checkbox"/> Excelente (100)
		51. Existe curso noturno para alfabetização de jovens e adultos no perímetro? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Desconheço (0) (verificar depois com o órgão público competente)
		52. Existe creche para atender sua localidade? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		53. Existe escola na região do perímetro? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) Qual grau? _____
		54. Existe transporte escolar para atender as escolas do perímetro? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
	Bens de Consumo	55. Possui casa própria? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		56. Possui veículo próprio? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
		57. Possuem quais eletroeletrônicos? (10 cada) <input type="checkbox"/> Geladeira <input type="checkbox"/> Fogão <input type="checkbox"/> Liquidificador <input type="checkbox"/> Máquina de Lavar <input type="checkbox"/> Televisor <input type="checkbox"/> Aparelho de som <input type="checkbox"/> Computador <input type="checkbox"/> Ventilador ou ar condicionado <input type="checkbox"/> Chuveiro elétrico <input type="checkbox"/> Telefone
		58. Separa tempo para lazer? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100) O que costuma fazer? _____
		59. A seu ver as suas condições de trabalho são: <input type="checkbox"/> Péssimas (0) <input type="checkbox"/> Ruins (25) <input type="checkbox"/> Boas (50) <input type="checkbox"/> Muito boas (75) <input type="checkbox"/> Excelentes (100)
		60. Como considera sua situação e de sua família em relação às condições de alimentação e vestimentas (roupas e calçados)? <input type="checkbox"/> Satisfeito (100) <input type="checkbox"/> Insatisfeito (0)
Indicadores Econômicos	Org. Financeira	61. A renda do plantio permite ter lucro? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) Por que? _____
		62. A renda é equilibrada durante os meses do ano? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não, em alguns meses conhecidos é desequilibrada (50) <input type="checkbox"/> Não, é completamente desequilibrada (0)

Indicadores Econômicos	Organização Financeira	63. Desde que começou a produzir como o lucro tem se comportado? <input type="checkbox"/> Aumentado (100) <input type="checkbox"/> Parado (75) <input type="checkbox"/> Diminui e aumenta (50) <input type="checkbox"/> Diminuído (0)
		64. Quais culturas são mais importantes para a renda? <input type="checkbox"/> Todas tem a mesma importância (100) <input type="checkbox"/> Algumas são mais importantes (50) Quais: _____
		65. Precisa recorrer a empréstimos, financiamentos ou outra forma de crédito? <input type="checkbox"/> Não (100) <input type="checkbox"/> Sim (0) Por que? _____ Qual? _____
		66. Quantos por cento, aproximadamente, do valor da renda mensal está comprometida com dívidas? <input type="checkbox"/> Não possui dívidas (100) <input type="checkbox"/> pouco (75) <input type="checkbox"/> médio (25) <input type="checkbox"/> muito (0) <input type="checkbox"/> Não sabe dizer (0)
	Produção e Comercialização	67. Como é feita a venda da produção? <input type="checkbox"/> Vende tudo diretamente ao consumidor ou mercado (100) <input type="checkbox"/> Parte vende direto e parte vende à cooperativa/associação (75) <input type="checkbox"/> Parte vende direto e parte vende a atravessador (50) <input type="checkbox"/> Vende tudo à cooperativa/associação (25) <input type="checkbox"/> Vende tudo a atravessador (0)
		68. Em caso de venda para atravessador, como considera o preço pago? <input type="checkbox"/> Não vende (100) <input type="checkbox"/> Justo (75) <input type="checkbox"/> Injusto ou abusivo (0)
		69. Acontece perda da qualidade ou quantidade de produtos devido à problemas no armazenamento ou demora para saída? <input type="checkbox"/> Sim (0) <input type="checkbox"/> Não (100) Qual motivo? _____ _____
		70. Como considera o preço pago pelos produtos vendidos? <input type="checkbox"/> Não sabe (0) <input type="checkbox"/> Insatisfatório (0) <input type="checkbox"/> Satisfatório (100) Por que? _____
		71. Fornece produtos da sua produção para a alimentação escolar (PNAE)? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0) O quê? _____
	Planejamento Econômico	72. Faz planos de mudar de ramo ou parar com a atividade agrícola? <input type="checkbox"/> Sim (0) <input type="checkbox"/> Não (100) Porquê? _____
		73. Qual o interesse dos filhos em participar e continuar a atividade? <input type="checkbox"/> Demonstram interesse (100) <input type="checkbox"/> Não possuem interesse (0) Por que? _____
		74. A família faz planejamento para ampliar e melhorar a atividade? <input type="checkbox"/> Sim (100) <input type="checkbox"/> Não (0)
75. De onde vem a mão de obra para os serviços? <input type="checkbox"/> Familiar (100) <input type="checkbox"/> Contratada local (50) <input type="checkbox"/> Contratada de fora (0) De onde? _____		

Indicadores Econômicos	Planejamento Econômico	76. Controla as entradas e saídas de dinheiro para evitar perdas? <input type="checkbox"/> Não controla (0) <input type="checkbox"/> Sim, controla (100) Como? _____
		77. Existe algum elemento que esteja ameaçando a continuação da atividade produtiva? <input type="checkbox"/> Não (100) <input type="checkbox"/> Sim (0) Qual: _____
		78. Você organiza parte do dinheiro adquirido para investir na melhoria da produção? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100)
		79. Tem realizado algum tipo de melhoria no sistema de produção? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100) Qual: _____
		80. Planeja realizar algum tipo de melhoria no sistema de produção? <input type="checkbox"/> Não (0) <input type="checkbox"/> Sim (100) Qual: _____

APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido.

Prezado(a) participante:

Meu nome é Paulo Silas Oliveira da Silva, sou estudante do curso de Mestrado em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe. Estou realizando uma pesquisa com orientação da professora Laura Jane Gomes cujo objetivo é analisar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado Poção da Ribeira através de indicadores (questões) ambientais, sociais e econômicos. Deseja-se identificar problemas que estejam dificultando a atividade de agricultura sustentável do Sr.(a) e sua qualidade de vida, permitindo propor mudanças para melhorar estas situações.

Participarão desta pesquisa 60 agricultores irrigantes do Perímetro Irrigado Poção da Ribeira.

Sua participação envolve: responder ao questionário para identificação dos indicadores (questões) sociais e econômicos e alguns indicadores ambientais e permitir a visita e retirada de solo do seu terreno para realizar análises químicas, cujo resultado retornará ao Sr.(a) para que possa ser usado como informação para a agricultura, como: calagem, adubação, irrigação, etc.

A participação nesse estudo não é obrigatória de forma alguma e se o Sr.(a) decidir não participar ou quiser desistir de continuar em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazer isso, sendo retirado completamente da pesquisa.

Na publicação dos resultados desta pesquisa, sua identidade será mantida no mais rigoroso sigilo, não será identificado nem pelo nome nem pelo lote, sua entrevista irá receber uma numeração entre 1 e 60. Serão omitidas todas as informações que permitam identificá-lo (a).

Não haverá nenhum custo ao Sr.(a) nesta atividade de pesquisa.

O risco desta atividade envolve a possibilidade de constrangimento a algum dos entrevistados pelo questionário, porém, todas as medidas foram tomadas para evitar que aconteça qualquer constrangimento através da construção de um questionário adequado, evitando assim qualquer prejuízo moral ou material ao Sr.(a) ou sua família, segundo Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

O benefício direto deste trabalho é fornecer informações ao Sr. (a) sobre as condições químicas do solo de sua propriedade e possibilitar a identificação de alguns problemas sociais, econômicos e ambientais para que se possa indicar alternativas para resolvê-los e facilitar sua atividade e melhoria da qualidade de vida como agricultor irrigante, além do ganho do estudo científico para a população em geral.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelo pesquisador, telefone: (75) 91566980 ou 99576980, orientadora (79) 88053659 ou pela entidade responsável – Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, (79) 2105-1805.

Atenciosamente

Nome e assinatura pesquisador
Matrícula:

Local e data

Nome e assinatura do(a) professor(a) supervisor(a)/orientador(a)
Matrícula:

Após a leitura e compreensão destas informações, **consinto em participar deste estudo e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento**, entendo que a participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Nome e assinatura do participante
RG:

Local e data

Testemunha

APÊNDICE C – Dados das análises de solos.

Lotes	pH (água)	MO (dag kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	CTC	m%	V%	PST%	CEes (dS m ⁻¹ 25°C)	Cultura	a	b	Rr%
				(Cmol _c dm ⁻³)													
L01	6,39	1,05	146,00	0,09	0,08	0,22	0,31	4,37	4,99	1,68	93,82	4,36	1,38	Batata doce	1,50	11,11	100
L02	6,37	0,95	114,00	0,04	0,08	0,13	0,31	3,35	3,83	2,22	91,95	3,52	2,40	Batata doce	1,50	11,11	90,00
L03	6,37	0,95	114,00	0,04	0,08	0,13	0,31	3,35	3,83	2,22	91,95	3,52	1,03	Batata doce	1,50	11,11	100
L04	5,97	1,56	110,00	0,49	0,08	0,15	0,31	7,03	7,98	1,03	96,13	1,86	1,97	Batata doce	1,50	11,11	94,78
L05	6,56	1,01	111,00	0,12	0,08	0,23	0,31	4,41	5,08	1,65	93,92	4,63	1,44	Batata doce	1,50	11,11	100
L06	5,70	0,78	139,00	0,15	0,08	0,13	0,13	3,53	3,94	2,05	96,69	3,35	1,75	Batata doce	1,50	11,11	97,22
L07	5,69	0,60	10,30	0,06	0,08	0,03	0,13	1,30	1,53	5,42	91,44	2,14	0,70	Batata doce	1,50	11,11	100
L08	6,78	1,21	82,00	0,34	0,08	0,14	0,13	5,67	6,28	1,29	97,92	2,19	2,63	Alface	1,30	12,82	82,95
L09	6,22	0,90	80,00	0,18	0,08	0,07	0,13	5,03	5,42	1,49	97,59	1,34	3,49	Pepino	2,50	13,16	86,97
L10	5,53	1,03	183,00	0,11	0,08	0,07	0,13	2,60	2,92	2,79	95,52	2,49	1,70	Alface	1,30	12,82	94,87
L11	6,01	0,71	37,60	0,12	0,08	0,03	0,08	3,32	3,55	2,25	97,75	0,98	0,82	Tomate	2,50	13,16	100
L12	5,86	0,65	83,00	0,18	0,08	0,09	0,13	3,74	4,15	1,95	96,85	2,29	2,24	Alface	1,30	12,82	87,95
L13	6,32	0,35	82,00	0,10	0,08	0,06	0,13	2,08	2,38	3,44	94,50	2,63	1,19	Batata doce	1,50	11,11	100
L14	5,42	0,63	152,00	0,39	0,11	0,11	0,13	4,06	4,69	2,36	97,21	2,24	3,43	Alface	1,30	12,82	72,69
L15	5,32	0,70	96,00	0,14	0,09	0,07	0,49	4,16	4,86	2,02	89,93	1,40	2,11	Batata doce	1,50	11,11	93,22
L16	6,08	0,35	110,00	0,08	0,08	0,12	0,13	2,97	3,30	2,46	96,04	3,62	1,68	Alface	1,30	12,82	95,13
L17	6,09	0,70	78,00	0,13	0,08	0,06	0,49	3,45	4,13	2,15	88,16	1,53	1,77	Alface	1,30	12,82	93,97
L18	7,55	0,54	168,00	0,15	0,08	0,13	0,08	3,89	4,25	1,88	98,12	2,96	1,58	Alface	1,30	12,82	96,41
L19	6,97	1,06	437,00	0,33	0,08	0,11	0,13	6,85	7,42	1,08	98,24	1,54	2,94	Alface	1,30	12,82	78,98
L20	6,55	0,76	124,00	0,30	0,08	0,10	0,49	5,69	6,58	1,30	92,57	1,49	2,22	Alface	1,30	12,82	88,21
L21	6,88	0,74	117,00	0,32	0,08	0,23	0,13	6,15	6,83	1,18	98,09	3,30	2,43	Cebolinha	1,20	16,13	80,16
L22	6,75	0,30	41,70	0,10	0,08	0,11	0,08	2,56	2,85	2,80	97,20	3,85	1,43	Batata doce	1,50	11,11	100
L23	6,04	0,92	50,80	0,11	0,08	0,08	0,08	2,90	3,17	2,52	97,48	2,56	1,17	Batata doce	1,50	11,11	100
L24	4,09	0,81	14,70	0,15	0,39	0,06	1,24	1,73	3,18	16,71	61,14	1,91	2,01	Alface	1,30	12,82	90,90
L25	5,23	0,65	6,60	0,09	0,10	0,09	1,24	1,53	2,95	5,52	58,06	2,95	0,63	Batata doce	1,50	11,11	100

L26	6,29	1,46	158,00	0,18	0,08	0,12	0,86	4,47	5,63	1,65	84,77	2,20	1,82	Batata doce	1,50	11,11	96,44
L27	5,84	0,49	40,20	0,12	0,08	0,09	0,49	2,92	3,62	2,49	86,49	2,49	0,82	Batata doce	1,50	11,11	100
L28	6,24	0,52	87,00	0,13	0,08	0,09	0,31	2,99	3,52	2,43	91,23	2,61	1,05	Batata doce	1,50	11,11	100
L29	5,68	0,54	76,00	0,19	0,08	0,10	0,49	2,73	3,50	2,59	86,04	2,74	1,10	Batata doce	1,50	11,11	100
L30	6,35	0,55	72,00	0,19	0,08	0,10	0,49	3,39	4,16	2,13	88,25	2,33	1,57	Batata doce	1,50	11,11	99,22
L31	7,42	0,55	52,20	0,68	0,08	0,11	0,08	2,66	3,53	2,27	97,73	3,14	2,87	Batata doce	1,50	11,11	84,78
L32	6,50	0,63	108,00	0,07	0,08	0,15	0,49	3,74	4,45	1,98	89,02	3,34	0,99	Batata doce	1,50	11,11	100
L33	5,93	0,46	67,00	0,05	0,08	0,12	0,67	1,95	2,79	3,63	75,96	4,37	1,01	Batata doce	1,50	11,11	100
L34	6,00	0,46	76,00	0,13	0,08	0,10	0,67	2,43	3,33	2,92	79,84	2,88	1,09	Amendoim	3,20	29,41	100
L35	6,43	0,63	70,00	0,12	0,08	0,12	0,49	2,97	3,70	2,43	86,80	3,32	0,81	Amendoim	3,20	29,41	100
L36	5,91	0,70	25,80	0,12	0,08	0,16	0,67	3,46	4,41	2,09	84,78	3,65	0,97	Amendoim	3,20	29,41	100
L37	7,12	0,98	71,00	0,14	0,08	0,17	0,31	5,01	5,63	1,48	94,52	3,06	1,49	Amendoim	3,20	29,41	100
L38	6,39	0,71	96,00	0,13	0,08	0,14	0,49	4,64	5,40	1,60	90,94	2,53	0,70	Batata doce	1,50	11,11	100
L39	6,21	0,62	65,00	0,20	0,08	0,13	0,31	3,29	3,93	2,16	92,14	3,31	2,02	Alface	1,30	12,82	90,77
L40	6,12	0,38	93,00	0,07	0,08	0,07	0,49	2,59	3,23	2,84	84,84	2,30	1,15	Amendoim	3,20	29,41	100
L41	7,03	0,93	58,80	0,33	0,08	0,19	0,08	8,79	9,39	0,85	99,15	2,07	0,92	Batata doce	1,50	11,11	100
L42	6,99	1,11	97,00	0,30	0,08	0,30	0,31	6,35	7,26	1,14	95,75	4,09	0,93	Pimentão	1,50	13,89	100
L43	7,59	1,14	270,00	0,29	0,08	0,15	0,08	5,68	6,20	1,29	98,71	2,49	1,04	Alface	1,30	12,82	100
L44	6,50	0,73	106,00	0,30	0,08	0,12	0,08	4,55	5,05	1,59	98,41	2,35	1,25	Cebolinha	1,20	16,13	99,19
L45	6,15	0,81	94,00	0,17	0,08	0,12	0,31	4,43	5,04	1,66	93,87	2,48	1,75	Alface	1,30	12,82	94,23
L46	4,77	0,51	49,20	0,19	0,13	0,09	0,13	3,14	3,56	3,65	96,33	2,60	2,44	Cebolinha	1,20	16,13	80,00
L47	4,97	0,47	42,40	0,07	0,13	0,08	0,31	1,95	2,41	5,83	87,18	3,32	1,08	Amendoim	3,20	29,41	100
L48	6,97	1,03	110,00	0,34	0,08	0,16	0,31	5,24	6,05	1,38	94,90	2,61	1,37	Cebolinha	1,20	16,13	97,26
L49	6,39	1,11	164,00	0,44	0,08	0,38	0,67	6,57	8,06	1,07	91,66	4,70	2,36	Alface	1,30	12,82	86,41
L50	5,74	1,17	92,00	0,13	0,08	0,11	0,13	2,32	2,69	3,04	95,14	3,97	1,24	Cebolinha	1,20	16,13	99,35
L51	6,02	0,79	103,00	0,11	0,08	0,10	0,31	2,97	3,49	2,45	91,16	2,96	1,04	Cebolinha	1,20	16,13	100
L52	6,16	0,97	85,00	0,07	0,08	0,12	0,13	4,24	4,56	1,77	97,14	2,69	0,45	Cebolinha	1,20	16,13	100
L53	6,03	0,82	160,00	0,08	0,08	0,11	0,13	4,54	4,86	1,66	97,31	2,22	0,82	Batata doce	1,50	11,11	100
L54	6,32	0,89	810,00	0,20	0,08	0,19	0,13	4,15	4,67	1,73	97,20	4,10	1,93	Batata doce	1,50	11,11	95,22

L55	5,44	0,98	164,00	0,11	0,09	0,11	0,13	2,42	2,77	3,30	95,28	3,88	0,83	Cebolinha	1,20	16,13	100
L56	5,62	1,08	384,00	0,16	0,08	0,13	0,13	4,14	4,56	1,77	97,13	2,77	1,99	Cebolinha	1,20	16,13	87,26
L57	6,83	1,11	130,00	0,26	0,08	0,24	0,13	5,04	5,66	1,43	97,69	4,16	1,83	Cebolinha	1,20	16,13	89,84
L58	5,12	0,46	78,00	0,09	0,13	0,08	0,08	2,51	2,76	4,62	97,11	2,93	1,29	Espinafre	2,00	7,58	100
L59	5,46	0,76	74,00	0,08	0,14	0,10	0,08	4,86	5,13	2,70	98,44	2,03	1,71	Batata doce	1,50	11,11	97,67
L60	5,57	0,54	96,00	0,11	0,08	0,09	0,13	3,29	3,61	2,25	96,39	2,42	1,39	Batata doce	1,50	11,11	100

APÊNDICE D – Cálculo dos indicadores de qualidade química do solo

	qi(pH)	qi(MO)	qi(P)	qi(K)	qi(Al)	qi(Ca+Mg)	qi(CTC)	qi(m)	qi(V)	qi(PST)	qi(Rr)
L01	65,63	16,30	100	46,72	95,33	93,72	30,30	95,38	100	89,84	95,45
L02	64,97	14,75	100	17,64	95,33	64,31	23,27	93,89	100	91,79	85,90
L03	64,97	14,75	100	17,64	95,33	64,31	23,27	93,89	100	91,79	95,45
L04	99,16	24,22	100	100	95,33	100	51,53	97,16	100	95,66	90,47
L05	71,28	15,68	100	64,78	95,33	94,58	30,81	95,46	100	89,21	95,45
L06	91,60	12,03	100	85,94	95,33	70,29	23,94	94,35	100	92,18	92,80
L07	91,32	9,32	52,07	28,06	95,33	20,19	9,26	85,01	100	95,01	95,45
L08	78,59	18,79	100	100	95,33	100	39,39	96,47	100	94,89	64,82
L09	59,99	14,02	100	100	95,33	100	33,26	95,90	100	96,87	76,85
L10	86,84	15,99	100	59,42	95,33	45,94	17,71	92,33	100	94,19	90,55
L11	100	11,06	100	61,33	95,33	63,31	21,56	93,81	100	97,72	95,45
L12	96,08	10,06	100	100	95,33	77,26	25,17	94,63	100	94,67	79,77
L13	63,31	5,37	100	52,60	95,33	32,99	14,43	90,54	100	93,85	95,45
L14	54,14	9,81	100	100	93,58	87,07	28,45	93,52	100	94,76	37,59
L15	51,62	10,81	100	77,58	94,75	89,22	29,48	94,45	100	96,74	88,98
L16	100	5,37	100	37,42	95,33	55,15	20,03	93,23	100	91,55	90,80
L17	100	10,81	100	69,36	95,33	67,63	25,07	94,09	100	96,44	89,70
L18	28,47	8,34	100	86,96	95,33	82,25	25,79	94,82	100	93,10	92,02
L19	84,90	16,46	100	100	95,33	100	47,59	97,02	100	96,41	53,55
L20	70,95	11,79	100	100	95,33	100	41,53	96,43	100	96,51	80,53
L21	81,91	11,54	100	100	95,33	100	43,31	96,75	100	92,30	56,48
L22	77,59	4,63	100	52,60	95,33	44,94	17,32	92,29	100	91,01	95,45
L23	100	14,25	100	57,13	95,33	53,41	19,26	93,06	100	94,02	95,45
L24	28,15	12,53	83,66	87,11	72,74	26,86	19,30	53,76	68,23	95,53	86,76
L25	49,36	10,06	29,18	45,91	94,17	23,76	17,88	84,73	62,09	93,11	95,45
L26	62,31	22,67	100	100	95,33	95,87	34,77	95,46	100	94,86	92,06
L27	95,52	7,59	100	62,67	95,33	53,91	21,96	93,14	100	94,20	95,45
L28	60,65	8,09	100	69,36	95,33	55,65	21,36	93,31	100	93,92	95,45
L29	91,04	8,34	100	100	95,33	49,18	21,25	92,88	100	93,60	95,45
L30	64,31	8,57	100	100	95,33	65,63	25,27	94,14	100	94,57	94,71
L31	29,05	8,57	100	100	95,33	47,43	21,41	93,76	100	92,66	70,29
L32	69,29	9,81	100	33,17	95,33	77,26	27,02	94,56	100	92,21	95,45
L33	98,04	7,10	100	22,56	95,33	30,28	16,96	90,01	93,19	89,80	95,45
L34	100	7,10	100	74,14	95,33	41,71	20,23	91,97	97,95	93,27	95,45
L35	66,96	9,81	100	64,01	95,33	55,15	22,48	93,32	100	92,25	95,45

L36	97,48	10,81	100	63,82	95,33	67,96	26,79	94,24	100	91,49	95,45
L37	30,37	15,25	100	79,69	95,33	100	34,80	95,93	100	92,85	95,45
L38	65,63	11,06	100	73,19	95,33	99,51	33,13	95,59	100	94,10	95,45
L39	59,65	9,57	100	100	95,33	62,31	23,84	94,05	100	92,28	86,64
L40	56,66	5,85	100	32,68	95,33	45,69	19,58	92,19	100	94,62	95,45
L41	30,77	14,50	100	100	95,33	100	59,70	97,66	100	95,16	95,45
L42	85,57	17,24	100	100	95,33	100	46,39	96,87	100	90,47	95,45
L43	28,30	17,70	100	100	95,33	100	38,87	96,45	100	94,19	95,45
L44	69,29	11,30	100	100	95,33	97,58	30,63	95,64	100	94,51	94,68
L45	57,66	12,53	100	98,61	95,33	95,01	30,58	95,42	100	94,22	89,94
L46	37,79	7,84	100	100	92,42	57,33	21,60	89,95	100	93,93	56,00
L47	42,82	7,34	100	30,92	92,42	30,28	14,62	83,87	100	92,25	95,45
L48	84,90	15,99	100	100	95,33	100	37,75	96,22	100	93,91	92,83
L49	65,63	17,24	100	100	95,33	100	52,10	97,05	100	89,03	75,17
L50	92,72	18,17	100	69,36	95,33	38,97	16,30	91,65	100	90,74	94,83
L51	100	12,28	100	55,87	95,33	55,15	21,19	93,26	100	93,08	95,45
L52	57,99	15,00	100	31,21	95,33	90,93	27,70	95,12	100	93,73	95,45
L53	100	12,78	100	39,54	95,33	97,37	29,51	95,43	100	94,83	95,45
L54	63,31	13,77	100	100	95,33	89,00	28,36	95,24	100	90,42	90,89
L55	54,64	15,25	100	56,03	94,75	41,46	16,80	90,92	100	90,94	95,45
L56	89,36	16,77	100	92,06	95,33	88,79	27,67	95,12	100	93,55	77,70
L57	80,25	17,24	100	100	95,33	100	35,01	96,08	100	90,29	85,42
L58	46,59	7,10	100	46,07	92,42	43,70	16,78	87,30	100	93,17	95,45
L59	55,15	11,79	100	40,52	91,83	100	31,21	92,58	100	95,25	93,22
L60	87,96	8,34	100	53,75	95,33	62,31	21,94	93,82	100	94,36	95,45

Indicadores	qi			
	100-86	85,9-56	55,9 - 31	30,9-0
x				
pH	5,5≤pH≤6,0	6,1≤pH≤7,0	5,49≤pH≤4,5	4,49≤pH≥7,01
MO	MO≥7,0	6,99≤MO≤4,01	4,0≤MO≤2,0	1,99≤MO≤0
CTCp	CTC≥15,1	15≤CTC≤ 8,6	8,59≤CTC≤5,1	5,09≤CTC≤0
V%	V≥70,1	70≤V≤55	54,9≤V≤40	39,9≤V≤0
m%	0≤m≤5,09	5,1≤m≤15,9	16≤m≤30	m≥30,1
H⁺+Al³⁺	0≤H+Al≤1,50	1,51≤H+Al≤2,50	2,51≤H+Al≤5,0	H+Al≥5,01
Ca²⁺+Mg²⁺	Ca+Mg≥4,01	4,0≤Ca+Mg≤3,1	3,0≤Ca+Mg≤2,0	1,99≤Ca+Mg≤0
Al³⁺	0≤Al≤0,24	0,25≤Al≤0,50	0,51≤Al≤1,0	Al≥1,01
P	P≥15,01	15,0≤P≤11,0	10,9≤P≤7,0	6,99≤P≤0
K⁺	K≥0,151	0,15≤K≤0,11	0,109≤K≤0,07	0,069≤K≤0
PST%	0≤PST≤6,0	6,01≤PST≤10	10,1≤PST≤15	PST≥15,01
Rr%	Rr≥90,1	80≤Rr≤90	70,1≤Rr≤79,9	70≤Rr≤0

Adaptado de Meireles et al. (2011), Siqueira (2007), Alvarez V. et al. (1999), Mass & Hoffman (1977)

Cálculo de qi, adaptado de Meireles et al. (2011):

Para intervalos de máximo e mínimo fixos

$$q_i = q_{i\min} + \left\{ \frac{[(x_{ij} - x_{\inf}) \times q_{i\max}]}{x_{\text{amp}}} \right\}, \quad x_{\inf} \leq x_{ij} \leq x_{\max}$$

Para intervalos sem limites fixos

$$q_i = \frac{q_{i\min} \cdot x_{ij}}{x_{\inf}}, \quad x_{ij} \geq x_n \quad (q_i \text{ entre } 86-100)$$

$$q_i = q_{i\max} - \left\{ \frac{(x_{ij} - x_{\inf}) \times q_{i\max}}{x_{\inf}} \right\} \quad x_{ij} \geq x_n \quad (q_i \text{ entre } 0-30,9)$$

Onde:

qi = qualidade do indicador obtida pela transformação de dados na escala de 0-100.

qi min = valor mínimo de qi para a classe do indicador.

qi max = valor máximo de qi para a classe do indicador.

qi amp = amplitude da classe de qi.

xij = valor original da amostra da variável na matriz de dados.

x inf = limite inferior da classe de xij.

x amp = amplitude da classe de xij.

APÊNDICE E – Dados dos questionários.

	UA	MAS	CA	AP	PA	SP	BC	Seg	Edu	PE	OF	QS	PC	OS
L01	61,88	65,00	50,00	58,33	87,50	77,78	91,67	10,00	56,88	44,44	50,00	75,17	45,00	75,00
L02	48,13	87,50	10,00	33,33	75,00	88,89	50,00	80,00	24,38	72,22	64,29	67,60	65,00	0,00
L03	35,00	70,00	40,00	100,00	75,00	72,22	91,67	30,00	40,00	66,67	60,71	69,96	20,00	75,00
L04	37,50	41,25	40,00	33,33	62,50	61,11	85,00	50,00	25,63	66,67	64,29	82,52	40,00	37,50
L05	71,88	52,50	20,00	100,00	62,50	55,56	56,67	25,00	24,38	88,89	46,43	76,67	0,00	0,00
L06	69,38	70,00	60,00	33,33	87,50	56,25	85,00	40,00	15,00	66,67	78,57	72,30	55,00	25,00
L07	65,63	65,00	60,00	66,67	100,00	77,78	96,67	10,00	41,25	94,44	78,57	57,13	45,00	0,00
L08	78,13	60,00	60,00	91,67	87,50	66,67	43,33	20,00	23,75	77,78	71,43	78,69	30,00	87,50
L09	65,63	58,75	40,00	33,33	75,00	50,00	68,33	45,00	15,00	61,11	67,86	77,55	35,00	0,00
L10	53,13	45,00	40,00	66,67	75,00	33,33	43,33	60,00	24,38	33,33	71,43	66,95	15,00	0,00
L11	17,63	56,25	60,00	66,67	75,00	55,56	71,67	25,00	15,00	44,44	78,57	72,76	20,00	0,00
L12	53,13	65,00	40,00	66,67	87,50	72,22	83,33	40,00	31,25	72,22	71,43	73,27	15,00	0,00
L13	56,25	65,00	60,00	66,67	87,50	50,00	82,50	40,00	12,50	77,78	71,43	68,05	40,00	25,00
L14	25,00	40,00	40,00	66,67	81,25	61,11	83,33	50,00	24,38	61,11	78,57	69,11	35,00	0,00
L15	37,50	28,75	40,00	66,67	87,50	72,22	88,33	55,00	21,25	88,89	71,43	70,97	45,00	50,00
L16	46,25	75,00	60,00	66,67	87,50	77,78	79,17	90,00	33,75	72,22	85,71	67,40	25,00	0,00
L17	36,88	36,25	30,00	33,33	62,50	66,67	41,67	20,00	30,63	77,78	75,00	71,53	45,00	25,00
L18	28,13	38,75	40,00	58,33	75,00	61,11	64,17	50,00	46,25	44,44	67,86	76,12	0,00	50,00
L19	33,13	21,25	60,00	66,67	75,00	44,44	71,67	40,00	43,13	66,67	67,86	77,87	60,00	62,50
L20	37,50	46,25	40,00	66,67	75,00	33,33	88,33	0,00	18,13	50,00	64,29	80,09	0,00	0,00
L21	36,25	70,00	50,00	100,00	87,50	55,56	86,67	25,00	34,38	50,00	64,29	77,17	30,00	75,00
L22	62,50	40,00	60,00	33,33	75,00	72,22	90,83	50,00	24,38	72,22	67,86	70,02	15,00	62,50
L23	65,63	70,00	80,00	66,67	87,50	66,67	84,17	40,00	21,25	77,78	71,43	71,59	20,00	0,00
L24	51,25	45,00	40,00	66,67	87,50	33,33	86,67	20,00	24,38	83,33	53,57	49,61	25,00	0,00
L25	40,63	21,25	60,00	33,33	62,50	50,00	98,33	65,00	40,63	83,33	82,14	50,75	20,00	0,00
L26	62,50	90,00	50,00	100,00	87,50	61,11	98,33	60,00	33,75	83,33	71,43	78,38	35,00	50,00
L27	40,63	75,00	40,00	33,33	75,00	56,67	94,17	50,00	46,25	83,33	67,86	70,11	0,00	25,00
L28	37,50	65,00	40,00	66,67	75,00	50,00	88,33	20,00	28,13	72,22	67,86	72,29	20,00	0,00
L29	48,75	65,00	60,00	66,67	75,00	55,56	76,67	65,00	40,63	72,22	78,57	72,35	20,00	0,00
L30	62,50	60,00	40,00	66,67	62,50	77,78	100,00	70,00	49,38	94,44	78,57	74,87	5,00	75,00
L31	40,63	65,00	80,00	100,00	87,50	61,11	86,67	70,00	38,13	44,44	78,57	72,17	20,00	0,00
L32	33,75	41,25	40,00	66,67	75,00	50,00	90,83	70,00	28,13	72,22	57,14	71,84	15,00	25,00
L33	21,88	46,25	60,00	100,00	87,50	61,11	85,00	40,00	39,38	66,67	67,86	62,58	0,00	0,00
L34	61,25	46,25	40,00	66,67	75,00	88,89	96,67	40,00	52,50	50,00	64,29	69,56	0,00	25,00
L35	59,38	46,25	60,00	66,67	87,50	72,22	92,50	42,00	49,38	83,33	75,00	71,90	0,00	0,00
L36	51,88	87,50	50,00	100,00	75,00	61,11	96,67	80,00	46,25	83,33	60,71	72,37	35,00	87,50
L37	13,75	46,25	40,00	33,33	75,00	50,00	71,67	40,00	46,25	61,11	53,57	80,42	40,00	0,00
L38	38,13	70,00	60,00	66,67	87,50	66,67	89,17	30,00	46,25	83,33	75,00	77,68	55,00	0,00
L39	50,00	33,75	20,00	66,67	87,50	33,33	91,67	25,00	43,13	72,22	71,43	74,74	15,00	0,00
L40	65,63	26,25	80,00	66,67	75,00	16,67	71,67	30,00	21,25	83,33	53,57	67,11	0,00	0,00
L41	65,63	46,25	60,00	58,33	75,00	94,44	94,17	40,00	40,00	77,78	64,29	85,56	10,00	62,50

L42	37,50	46,25	60,00	25,00	75,00	61,11	95,83	20,00	21,88	61,11	78,57	84,61	0,00	25,00
L43	37,50	51,25	40,00	66,67	87,50	61,11	88,33	30,00	28,13	88,89	67,86	84,91	30,00	5,00
L44	27,50	60,00	60,00	66,67	87,50	77,78	92,50	60,00	46,88	72,22	71,43	79,48	0,00	87,50
L45	34,38	51,25	20,00	58,33	75,00	61,11	82,50	80,00	18,75	88,89	53,57	77,36	0,00	25,00
L46	62,50	21,25	40,00	33,33	75,00	33,33	71,67	5,00	18,75	77,78	67,86	63,94	0,00	0,00
L47	36,25	41,25	40,00	100,00	87,50	83,33	90,00	40,00	33,75	72,22	67,86	59,71	0,00	75,00
L48	13,75	65,00	40,00	66,67	75,00	66,67	94,17	50,00	15,00	66,67	75,00	82,03	50,00	37,50
L49	50,00	77,50	60,00	66,67	87,50	72,22	88,33	60,00	27,50	44,44	67,86	79,52	20,00	50,00
L50	48,13	63,75	20,00	58,33	75,00	61,11	50,00	60,00	27,50	50,00	64,29	68,32	50,00	37,50
L51	71,88	75,00	40,00	66,67	62,50	77,78	88,33	60,00	31,25	50,00	78,57	71,35	30,00	0,00
L52	81,25	41,25	40,00	58,33	62,50	61,11	75,83	25,00	49,38	88,89	71,43	73,41	35,00	62,50
L53	25,63	52,50	40,00	58,33	75,00	44,44	88,33	60,00	28,13	50,00	85,71	74,45	0,00	0,00
L54	59,38	68,75	60,00	25,00	62,50	50,00	95,83	20,00	30,63	61,11	85,71	78,04	0,00	0,00
L55	56,25	46,25	40,00	25,00	75,00	50,00	75,83	30,00	53,75	72,22	67,86	67,40	0,00	25,00
L56	28,13	22,50	40,00	25,00	62,50	55,56	88,33	60,00	30,63	38,89	50,00	72,89	10,00	0,00
L57	62,50	77,50	40,00	33,33	87,50	55,56	90,00	50,00	39,38	38,89	71,43	80,56	35,00	0,00
L58	75,00	46,25	60,00	100,00	87,50	83,33	83,33	30,00	55,63	77,78	71,43	63,67	10,00	87,50
L59	28,13	62,50	40,00	33,33	62,50	77,78	67,50	30,00	59,38	38,89	42,86	70,21	0,00	0,00
L60	21,25	65,00	80,00	33,33	75,00	72,22	88,33	0,00	33,75	55,56	82,14	69,87	10,00	50,00

UA – Uso de Agroquímicos;
 MAS – Manejo de água e Solo;
 CA – Consumo de água;
 AP – Áreas prioritárias;
 SP – Serviços públicos;
 BC – Bens de consumo;
 Seg. – Segurança;
 Edu. – Educação;
 PE – Planejamento Econômico;
 OF – Organização Financeira;
 QS – Qualidade Química do solo;
 OS – Organização Social;
 PC – Produção e comercialização;

APÊNDICE F – Dados das análises de água

Variáveis	Unidades	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
Ca²⁺	(mmol _e L ⁻¹)	0,63	1,08	1,59	0,56
Mg²⁺	(mmol _e L ⁻¹)	0,88	0,99	1,24	0,78
CEa	dS m ⁻¹	0,51	0,87	0,42	0,53
pH	-	7,55	8,06	8,07	8,40
SDT	mg L ⁻¹	348,80	487,20	235,10	294,20
Na⁺	mmol _e L ⁻¹	2,07	4,47	1,38	6,10
Cl⁻	mmol _e L ⁻¹	2,15	4,68	2,27	4,41
HCO₃⁻	mmol _e L ⁻¹	1,49	1,39	1,50	1,95
Fe	mg L ⁻¹	0,15	0,13	0,08	0,12
Mn	mg L ⁻¹	0,03	0,00	0,02	0,00
NO₃⁻	mg L ⁻¹	0,08	0,48	0,01	0,09
RAS	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	2,37	4,40	1,16	7,47
ISL	-	1,84	-0,94	0,77	-1,80
Coliformes Termotolerantes	(NMP 100mL ⁻¹)	92,00	23,00	1100,00	350,00
Clorofila a	(µg L ⁻¹)	13,56	7,55	9,37	1,43

APÊNDICE G – Script de programação do R para análise multivariada fatorial/componente principal e análise de cluster.

- validação estatística -

- Normalidade Multivariada -

```
> require(MVN)
> mardiaTest(dados)
```

Mardia's Multivariate Normality Test

data : dados

```
g1p      : 58.0315
chi.skew  : 580.315
p.value.skew : 0.2677276
```

```
g2p      : 220.5758
z.kurtosis : -0.6265714
p.value.kurt : 0.5309402
```

```
chi.small.skew : 613.3527
p.value.small  : 0.05867459
```

Result: Data are multivariate normal.

- Adequação da Amostra -

```
> require(RedaS)
> KMOS(dados)
```

Kaiser-Meyer-Olkin Statistics

Call: KMOS(x = dados)

Measures of Sampling Adequacy (MSA):

UA	MAS	CA	AP	PA	SP
0.4203075	0.5272793	0.5689565	0.4867771	0.5657893	0.6137433
BC	Seg	Edu	PE	OF	PC
0.5195615	0.4882156	0.5881065	0.4258872	0.5530813	0.4156161
OS	QS				
0.5174555	0.4273384				

KMO-Criterion: 0.5189835

- Análise de esfericidade dos dados -

```
> bart_spher(dados)
```

Bartlett's Test of Sphericity

```
Call: bart_spher(x = dados)
```

```
      X2 = 128.155
      df = 91
p-value = .00626
```

- Análise fatorial/componente principal -

- Eigenvalues (autovalores)-

```
> matcor<- cor(dados)
> eigen(matcor)
$values
[1] 2.4415480 1.6696216 1.5589786 1.4381377 1.1367612
1.0744484 0.9113855 0.8304776 0.7655187 0.5468968 0.4849957
0.4304548 0.4091567 0.3016189
```

- Análise de componentes principais/fatorial -

```
> require(psych)
> fit<- principal(dados, nfactors=6, rotate="varimax")
> fit
Principal Components Analysis
Call: principal(r = dados, nfactors = 6, rotate = "varimax")
Standardized loadings (pattern matrix) based upon correlation
matrix
```

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	h2	u2	com
UA	0.15	0.02	0.22	-0.06	0.72	-0.29	0.68	0.32	1.7
MAS	0.25	0.21	0.65	0.18	-0.09	0.20	0.61	0.39	2.0
CA	0.02	0.73	-0.06	0.22	0.01	-0.30	0.69	0.31	1.6
AP	0.21	-0.08	0.01	0.84	0.07	0.05	0.77	0.23	1.2
PA	-0.06	0.33	0.21	0.75	0.08	-0.07	0.73	0.27	1.6
SP	0.71	0.14	0.29	0.01	0.07	0.26	0.68	0.32	1.7
BC	0.33	0.62	-0.25	0.11	-0.06	0.11	0.58	0.42	2.1
Seg	0.10	-0.02	0.18	-0.02	-0.07	0.84	0.75	0.25	1.1
Edu	0.70	0.04	-0.32	-0.02	0.05	0.08	0.61	0.39	1.5
PE	0.07	0.03	-0.05	0.12	0.77	0.06	0.61	0.39	1.1
OF	-0.16	0.75	0.24	-0.12	0.11	0.15	0.70	0.30	1.5
PC	-0.14	-0.13	0.73	0.08	0.13	0.09	0.60	0.40	1.3

```
OS    0.72 -0.10  0.12  0.24  0.07 -0.19  0.64  0.36  1.5
QS    0.27 -0.03  0.43 -0.21 -0.50 -0.33  0.67  0.33  3.8
```

UA(Uso de agroquímicos), MAS(Monitoramento de água e solo),
 CA(Consumo de água), AP (Áreas Protegidas), PA(Práticas
 agrícolas), SP(Serviços Públicos), BC (Bens de Consumo),
 Seg(Segurança), Edu(Educação), PE(Planejamento Econômico),
 OF(Organização Financeira), PC(Produção e Comercialização),
 OS(Organização Social), QS(Qualidade química do solo)
 h2 - Comunalidades

```

                PC1  PC2  PC3  PC4  PC5  PC6
SS loadings    1.89 1.70 1.60 1.52 1.43 1.18
Proportion Var 0.13 0.12 0.11 0.11 0.10 0.08
Cumulative Var  0.13 0.26 0.37 0.48 0.58 0.67
Proportion Explained 0.20 0.18 0.17 0.16 0.15 0.13
Cumulative Proportion 0.20 0.38 0.56 0.72 0.87 1.00
Mean item complexity = 1.7
Test of the hypothesis that 6 components are sufficient.

The root mean square of the residuals (RMSR) is 0.09
with the empirical chi square 88.41 with prob < 6.4e-10

Fit based upon off diagonal values = 0.69>
```

- Gráficos biplot -

```
> dados<- read.table(dados, header=TRUE)
> require(FactoMineR)
> biplot<- PCA(dados)
```

- Análise de Cluster -

```
> dados<- read.table(dados, header=TRUE)
> dados<- scale(dados) #padronização
> dist<- dist(dados, method="euclidean")
> clust<- hclust(dist, method="Ward.D2")
> plot(clust)
> summary(dist) #linha fenon com base na média euclidiana
```